

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE MEDICINA



TESIS DOCTORAL

Estudio biomecánico comparativo en cadáver de la reparación vs reconstrucción del ligamento talofibular anterior en la inestabilidad lateral del tobillo

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

María Ángela Mellado Romero

DIRECTORES

Jesús Enrique Vilá y Rico
Luis Rafael Ramos Pascua
Teresa Vázquez Osorio

© María Ángela Mellado Romero, 2021

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE MEDICINA



TESIS DOCTORAL

ESTUDIO BIOMECÁNICO COMPARATIVO EN CADÁVER DE LA REPARACIÓN VS
RECONSTRUCCIÓN DEL LIGAMENTO TALOFIBULAR ANTERIOR EN LA
INESTABILIDAD LATERAL DE TOBILLO

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

MARÍA ÁNGELA MELLADO ROMERO

DIRECTOR

Jesús Enrique Vilá y Rico
Luis Rafael Ramos Pascua
María Teresa Vázquez Osorio

FACULTAD DE MEDICINA
DEPARTAMENTO DE CIRUGÍA



UNIVERSIDAD
COMPLUTENSE
MADRID

**“ESTUDIO BIOMECÁNICO
COMPARATIVO EN CADÁVER DE LA
REPARACIÓN VS RECONSTRUCCIÓN
DEL LIGAMENTO TALOFIBULAR
ANTERIOR EN LA INESTABILIDAD
LATERAL DE TOBILLO”**

DOCTORANDO: **María Ángela Mellado Romero**

DIRECTOR DE TESIS 1: Jesús Enrique Vilá y Rico

DIRECTOR DE TESIS 2: Luis Rafael Ramos Pascua

DIRECTOR DE TESIS 3: Teresa Vázquez Osorio

Madrid, 2020

*A Jesús Vilà,
por haber sido mi guía,
durante todos estos años.*

Agradecimientos

Mis agradecimientos a todas aquellas personas que han contribuido a la realización de este proyecto.

A mis padres, Francisco y María Ángeles, por exigirme progresar día a día. A mi marido, Javier por ser mi apoyo incondicional. A mi hijo Jaime, por haber inundado mi vida de luz y alegría.

Al Dr. Jesús Vilá, por ser mi mentor durante todos estos años y especialmente por la entrega e ilusión con la que ha dirigido esta Tesis Doctoral.

A Dr. Luis Ramos, por su gran labor docente, por ser un trabajador incansable y estar siempre disponible.

A la Profesora Teresa Vázquez por abrirme las puertas de la Facultad de Medicina de la Universidad Complutense de Madrid (UCM) y brindarme la oportunidad de realizar este estudio.

A Alejandro Casado, Cristina Moya, Araceli Borbolla y David Patón, miembros del equipo técnico de la Sala de Disección del Departamento de Anatomía y Embriología Humana de la UCM, por su enorme ayuda y amabilidad durante el desarrollo de las técnicas quirúrgicas en cadáver.

Al Dr. Francisco Guerra Pinto de la Universidad de Lisboa, por su colaboración y especialmente por la cesión del artrómetro -instrumento de medida- sin el cual no hubiese sido posible desarrollar esta Tesis Doctoral.

Al Dr. Fernando Jiménez por la cesión desinteresada de las imágenes ecográficas.

A la compañía *Arthrex* España, en la persona de Esther Rodríguez y a Endoscopia por la cesión desinteresada de todo el instrumental y material quirúrgico para el desarrollo de las técnicas de reparación y reconstrucción, así como por el soporte técnico.

A la Fundación SECOT (Sociedad Española de Cirugía Ortopédica y Traumatología) por la Beca otorgada en el año 2018 que ha permitido la financiación de este trabajo.

Al Dr. Xavi Martín Oliva, por invitarnos aquella mañana al Departamento de Anatomía de la Universidad de Barcelona, donde se gestó el embrión de esta Tesis Doctoral.

A las Dras. Marta Arroyo Hernández y Ana Abarquero Diezhandino, por su inestimable ayuda en el proceso de disección y realización de las técnicas quirúrgicas.

A la Dra. Cristina Ojeda, por no dudar en compartir conmigo su enorme conocimiento científico y sus dotes artísticas.

Al Dr. Rodrigo Merino por estar siempre dispuesto a colaborar y haber contribuido en la forma y estilo de este manuscrito.

A los donantes de cuerpos en virtud de la Ciencia, por su generosidad más allá de la vida.

Índice de abreviaturas y acrónimos

AOFAS: *American Orthopedics Foot & Ankle Society*

CA: Cajón anterior.

Cols.: colaboradores.

EHL: *Extensor hallucis longus*.

ILCT: Inestabilidad Lateral Crónica de Tobillo.

IMC: Índice de Masa Corporal.

ITF: Inestabilidad de Tobillo Funcional.

ITM: Inestabilidad de Tobillo Mecánica.

LCF: Ligamento CalcáneoFibular.

LCL: Ligamento Colateral Lateral.

LCM: Ligamento Colateral Medial.

LOC: Lesión OsteoCondral.

LTFA: Ligamento TaloFibular Anterior.

LTFP: Ligamento TaloFibular Posterior.

LTiFAId: Ligamento TibioFibular AnteroInferior distal.

NA: no aparece

NPS: Nervio Peroneo Superficial

P: Pivote

REI: Retináculo Extensor Inferior

RM: Resonancia Magnética

TC: Tomografía computerizada

VF: Varo forzado.

Índice

• Agradecimientos	IV
• Índice de abreviaturas y acrónimos	VII
• Resumen	XI
1. Introducción	1
1.1. Epidemiología de la inestabilidad de tobillo	3
1.2. Anatomía y biomecánica del tobillo	4
1.2.1. Ligamento talofibular anterior	6
1.2.2. Ligamento calcáneo-fibular	9
1.2.3. Ligamento talofibular posterior	10
1.2.4. Retináculo extensor inferior.....	11
1.2.5. Biomecánica del complejo lateral externo	12
1.3. Concepto de inestabilidad lateral crónica	13
1.4. Mecanismo lesional	14
1.5. Fisiopatología y pronóstico	15
1.6. Diagnóstico de la inestabilidad de tobillo	16
1.6.1. Anamnesis	16
1.6.2. Exploración Física	17
1.6.3. Pruebas de imagen	18
1.7. Tratamiento de la inestabilidad de tobillo	21
1.7.1. Tratamiento conservador de la inestabilidad de tobillo	21

1.7.2. Tratamiento quirúrgico de la inestabilidad de tobillo	22
2. Hipótesis y objetivos	29
3. Material y métodos	33
3.1. Diseño del estudio	35
3.2. Ámbito poblaciones de estudio y muestra	35
3.2.1. Ámbito del estudio	35
3.2.2. Población del estudio	35
3.2.3. Tamaño muestral	36
3.2.4. Descripción de la muestra	36
3.3. Descripción de las técnicas quirúrgicas	37
3.3.1. Técnica de reparación directa	37
3.3.2. Técnica de reconstrucción anatómica con autoinjerto	42
3.4. Obtención de la información	47
3.4.1. Descripción del instrumento de medida	47
3.4.2. Protocolo de trabajo	50
3.5. Descripción de las variables	56
3.6. Manejo y análisis de los datos	56
3.6.1. Análisis estadístico	57
4. Resultados	59
4.1. Análisis descriptivo	61

4.1.1.	Estudio anatómico de los fascículos del LTFA	61
4.1.2.	Estabilidad angular del LTFA íntegro	62
4.1.3.	Estabilidad angular de LTFA seccionado	63
4.1.4.	Estabilidad angular de la reparación directa del LTFA	64
4.1.5.	Estabilidad angular de la reconstrucción anatómica del LTFA	65
4.2.	Análisis comparativo	66
4.2.1.	Estabilidad angular del LTFA íntegro VS LTFA seccionado	66
4.2.2.	Estabilidad angular del LTFA íntegro VS reparación del LTFA	69
4.2.3.	Estabilidad angular del LTFA íntegro VS reconstrucción anatómica LTFA	72
4.2.4.	Estabilidad angular de la reconstrucción del LTFA VS reparación de LTFA	75
5.	Discusión	79
5.1.	Finalidad del tratamiento quirúrgico de la ILCT	81
5.2.	Estudios biomecánicos en cadáver del tratamiento de la ILCT	88
5.3.	Estudios clínicos sobre del tratamiento quirúrgico de la ILCT	96
5.3.1.	Estudios clínicos sobre las técnicas de reparación directa.....	107
5.3.2.	Estudios clínicos sobre las técnicas de reconstrucción anatómica	124
5.4.	Fortalezas y debilidades	139
6.	Conclusiones	125
7.	Bibliografía	129
8.	Anexos. Publicaciones derivadas	141

RESUMEN

Resumen

INTRODUCCIÓN

El esguince de tobillo es una de las patologías más frecuentes en los servicios de Urgencias y Atención Primaria. De todas las lesiones del tobillo, los esguinces constituyen aproximadamente el 80%, de los cuales el 77% son esguinces laterales. Las estructuras anatómicas involucradas incluyen al ligamento talofibular anterior (LTFA) (85,3% de los esguinces) y al ligamento calcaneofibular (LCF) (34,5%).

El mecanismo lesional más frecuente del esguince lateral de tobillo consiste en un movimiento combinado de flexión plantar forzada, inversión del tobillo y rotación interna. Gran parte de los esguinces se resuelven sin dejar secuelas con el tratamiento conservador adecuado; sin embargo, el 10-50% de los esguinces agudos dan lugar al desarrollo una inestabilidad lateral crónica de tobillo (ILCT).

El diagnóstico de la ILCT se basa en la existencia de un traumatismo en inversión forzada de cierta importancia, seguido esguinces de repetición, sensación subjetiva de inestabilidad y persistencia de déficit funcional de la articulación del tobillo. Debe incluir una anamnesis detallada, acompañada de una exploración física completa de la extremidad inferior. Las maniobras empleadas para detectar la existencia de ILCT son el cajón anterior, el varo forzado y una nueva maniobra denominada pivote.

El estudio de imagen debe incluir radiografías en carga de pie y tobillo (para valorar desaxaciones de la extremidad inferior) y RM (para el estudio de lesiones ligamentosas y posibles lesiones asociadas). No debemos olvidar buscar la existencia de factores predisponentes como son: el retropié en varo, el mediopié cavo y la flexión plantar del primer radio; así como lesiones

asociadas: lesiones osteocondrales (LOC), pinzamiento de tobillo, patología de los tendones peroneos...

El tratamiento inicial de la ILCT debe ser conservador, basado en ejercicios de balance articular, entrenamiento propioceptivo y fortalecimiento muscular, especialmente de la musculatura peronea. Si tras 6 meses de adecuado tratamiento conservador, no desaparece la sintomatología, está indicado el tratamiento quirúrgico. Existen más de 80 técnicas descritas para el tratamiento de la ILCT que se pueden clasificar en dos grandes grupos: las técnicas de reparación (consisten en la reinserción del resto ligamentoso) y las de reconstrucción (el ligamento es sustituido por otro tejido, normalmente un tendón).

Las primeras técnicas descritas para el tratamiento de la ILCT son las técnicas de reconstrucción no anatómicas (técnica de Watson Jones, técnica de Evans, técnica de Chrisman-Snook, técnica de Castaign...), se basan en trasladar el *peroneus brevis*, manteniendo su inserción distal a una posición no anatómica para suplir la deficiencia ligamentosa, haciendo un efecto de tenodesis a través de las articulaciones tibiotalar y subtalar. Actualmente están en desuso por la rigidez de articulaciones subtalar y tibiotalar que producen y la posibilidad de desarrollar artrosis a medio plazo, además de emplear como donante el tendón del *peroneus brevis*, estabilizador dinámico de la articulación del tobillo.

La técnica de Broström se considera el patrón oro en el tratamiento quirúrgico de la ILCT, consiste en el acortamiento y sutura directa del LTFA. La posterior modificación de Gould se basa en reforzar la reparación con el retináculo extensor inferior (REI). Existen situaciones en las que la reparación directa no es la mejor opción, por mala calidad tisular del remanente ligamentoso, fallo de reparación directa previa, inestabilidad de largo tiempo de evolución, o aquellos pacientes con factores clínicos predisponentes para el fracaso de la técnica de

reparación (hiperlaxitud ligamentosa u obesidad). La mejor alternativa para estos pacientes son las técnicas de reconstrucción anatómica que se basan en la colocación del injerto tendinoso en la huella que han dejado las inserciones anatómicas del LTFA.

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

La hipótesis que se pretende demostrar fue la estabilidad angular que produce la técnica de reparación anatómica del LTFA es similar a la que aporta la técnica de reconstrucción anatómica con injerto del LTFA en un modelo cadavérico, en el momento cero.

El **objetivo principal** es comparar la estabilidad angular que produce la reparación directa del LTFA con dos anclajes sin nudo, frente a la estabilidad angular de la reconstrucción anatómica con injerto tendinoso, estabilizado mediante tornillos de biotenodesis, en un modelo cadavérico en el momento cero.

Como **objetivos secundarios** se encuentran los citados a continuación. En primer lugar, realizar un estudio anatómico del número de fascículos del LTFA. En segundo lugar, comparar la estabilidad angular del LTFA sano frente a la del LTFA seccionado. Asimismo, evaluar si la estabilidad angular de la técnica de reparación directa del LTFA es similar a la del ligamento íntegro. Por último, valorar si la estabilidad angular de la técnica de reconstrucción anatómica con injerto del LTFA es similar a la del ligamento íntegro.

MATERIAL Y MÉTODOS

La presente tesis fue un estudio experimental comparativo en cadáver. La muestra estaba formada por 18 tobillos de cadáver fresco congelados manejados según la normativa vigente. Nueve tobillos eran derechos y otros nueve izquierdos.

Para valorar la estabilidad de la articulación del tobillo, hemos usado un artrómetro específicamente diseñado para medir desplazamientos angulares de un sensor localizado en el astrágalo en los tres planos espaciales: axial, coronal y sagital. Definimos como estabilidad angular al desplazamiento angular (medido en grados) del astrágalo tras la aplicación manual de las maniobras de cajón anterior (CA), pivote (P) y varo forzado (VF) en los tres planos espaciales.

Nuestro protocolo de trabajo consistió en valorar la estabilidad angular en 4 situaciones: LTFA íntegro (1), LTFA seccionado (2), reparación del LTFA con dos anclajes (3); reconstrucción del LTFA con injerto tendinoso del *extensor hallucis longus* (EHL) procedente del mismo cadáver (EHL)

Todos los análisis estadísticos se realizaron con IBM SPSS versión 24.0 (SPSS Inc, Chicago, Illinois). Para comparar variables cuantitativas se utilizarán contrastes para muestras relacionadas usando el test no paramétrico de Wilcoxon. Se consideró un valor de p significativo cuando era igual o inferior a 0,05.

RESULTADOS

El LTFA fue bifascicular en el 83,33% de los cadáveres y monofascicular en el 16,67%, sin encontrar ningún ligamento formado por tres fascículos.

La primera comparación que realizamos es la estabilidad angular del LTFA intacto frente a la del LTFA seccionado tras la aplicación de las maniobras de CA, P y VF. Existen diferencias estadísticamente significativas entre el ligamento íntegro y el ligamento seccionado con la

maniobra de CA ($p = 0,012$), con la maniobra de P ($p = 0,001$) y con la maniobra de VF ($p = 0,013$).

Si comparamos el LTFA sano frente a la reparación anatómica directa sólo existen diferencias estadísticamente significativas con la maniobra de P en el plano axial ($p = 0,009$). No existen diferencias estadísticamente significativas entre la estabilidad angular del LTFA íntegro y la de la técnica de reconstrucción anatómica con injerto tendinoso del LTFA.

Tampoco encontramos diferencias estadísticamente significativas entre la estabilidad angular obtenida con la técnica de reparación directa con dos anclajes y la técnica de reconstrucción anatómica con injerto tendinoso.

DISCUSIÓN

El tratamiento quirúrgico de la ILCT es un tema de continuo debate para los cirujanos ortopédicos de pie y tobillo, por las numerosas controversias que existen al respecto.

El primer tema de controversia es porqué está indicado el tratamiento quirúrgico de la ILCT. La finalidad del tratamiento quirúrgico es doble: a corto plazo, abordar la sintomatología propia de la ILCT que impide al paciente desarrollar su actividad deportiva e incluso llevar a cabo actividades de la vida diaria y a largo plazo restaurar la biomecánica original del complejo peritalar, para teóricamente prevenir el desarrollo de lesiones osteocondrales (LOC) que puedan conducir a cambios degenerativos en la articulación del tobillo. La estabilización quirúrgica de la articulación mediante técnicas de reparación o reconstrucción ligamentosa anatómica, si consigue restaurar la biomecánica original del tobillo podrá evitar o al menos frenar la progresión a artrosis.

Existen varios estudios biomecánicos en cadáver publicados que valoran la biomecánica del LTFA sano y las técnicas quirúrgicas para el tratamiento de la ILCT con diferentes artrómetros. En la mayoría de los estudios las técnicas de reparación directa del LTFA no reproducen la resistencia y rigidez del ligamento sano, por lo que recomiendan la inmovilización del tobillo en el postoperatorio precoz. Sin embargo, la reconstrucción anatómica del LTFA con injerto demostró una resistencia y rigidez similares al ligamento sano, en el momento cero en un modelo cadavérico congelado.

Si bien los estudios biomecánicos en cadáver que estudian las técnicas quirúrgicas para el tratamiento de la ILCT son escasos, los estudios clínicos centrados en la ILCT son muy numerosos, de la revisión de la mayor parte de ellos extraemos las siguientes conclusiones. Las técnicas de reparación directa continúan siendo de primera elección en el tratamiento quirúrgico de la ILCT. Actualmente la mayoría de las técnicas se realizan con anclajes de sutura que ya han sido validados biomecánicamente *in vitro* y funcionalmente en estudios clínicos. El empleo de dos anclajes proporciona mejores resultados funcionales y mejor recuperación de la movilidad.

La tendencia actual es el empleo de técnicas artroscópicas “todo-dentro” o puramente artroscópicas, dichas técnicas ofrecen excelentes resultados en aquellos casos en los que exista un buen remanente tisular. En el mismo acto quirúrgico permite el diagnóstico y abordaje quirúrgico de la patología intraarticular asociada, especialmente de las LOC de astrágalo.

Si la calidad del remanente ligamentoso es insuficiente o existen factores predisponentes para el fracaso de la técnica de reparación, está indicada la reconstrucción ligamentosa con auto u homo injerto según preferencias del cirujano y paciente. El procedimiento de reconstrucción anatómica con injerto produce mejoras significativas en las escalas funcionales, con baja tasas de inestabilidad y alta satisfacción del paciente según las series publicadas.

El estudio que se presenta tiene como debilidades que evaluamos la técnica de reparación directa a tiempo cero, sin tener en cuenta el efecto biológico del proceso de cicatrización que puede contribuir a la estabilización de la articulación del tobillo. Por otro lado, respecto al instrumento de medida, la fuerza obtenida de la aplicación manual de las citadas maniobras no fue medida de manera objetiva. Este error se ha minimizado siendo las maniobras realizadas siempre por el mismo investigador y en tres ocasiones cada prueba.

La relevancia de esta tesis doctoral reside en que, hasta nuestro conocimiento no existen estudios biomecánicos publicados que comparen la estabilidad angular de la reparación directa del LTFA frente a la reconstrucción anatómica con injerto del LTFA, empleando siempre como control el ligamento íntegro. La medida de la estabilidad mediante el desplazamiento angular en lugar de lineal, junto con la maniobra de pivote, son dos conceptos novedosos publicados recientemente. Además, se trata de un estudio experimental en cadáver con un amplio tamaño muestral (18 especímenes), con un diseño rigurosamente protocolizado para minimizar errores y con un instrumento de medida específicamente diseñado, ya empleado en publicaciones previas de biomecánica del tobillo.

CONCLUSIONES

1. La estabilidad angular de la reparación anatómica del LTFA con dos anclajes fue similar a la estabilidad angular de la reconstrucción anatómica del LTFA con injerto tendinoso, en un modelo cadavérico, en el momento cero.
2. El LTFA fue bifascicular en el 83,33% de los cadáveres y monofascicular en el 16,67%
3. Se hallaron diferencias estadísticamente significativas diferencias estadísticamente significativas entre la estabilidad angular del ligamento sano y la estabilidad angular del ligamento seccionado

con la maniobra de CA, con la maniobra de P y con la maniobra de VF, en el plano axial y con el VF en el plano coronal

4. La estabilidad angular de la reparación directa del LTFA presentó diferencias estadísticamente significativas objetivadas con la maniobra de pivote frente al LTFA íntegro en el momento cero.
5. La estabilidad angular de la reconstrucción anatómica con injerto fue similar a la del LTFA íntegro.

Summary

INTRODUCTION

Ankle sprain is one of the most frequent pathologies in the Emergency and Primary Care services. Sprains were approximately 80 % of all the ankle injuries, of which 77% are lateral sprains. The anatomical structures involved include the anterior talofibular ligament (ATFL) (85.3% of sprains) and the calcaneofibular ligament (CFL) (34.5%).

The most common mechanism of injury for lateral ankle sprain is a combined movement of forced plantar flexion, ankle inversion, and internal rotation. Most sprains resolve without sequelae with adequate conservative treatment; however, 10-50% of acute sprains lead to development of chronic lateral ankle instability (CLAI).

The concept of CLAI is based on the existence of a significant inversion trauma, followed by repeated sprains, subjective feeling of instability, associated with the sensation of failure and persistence of functional deficit of the ankle joint.

The diagnosis of CLAI should include a specific history, accompanied by a complete physical examination of the lower extremity. The maneuvers used to detect the existence of ILCT are the anterior drawer (AD), the varus talar tilt (VTI) and a new pivot (P) maneuver. Imaging should include foot and ankle load radiographs and MRI (for the study of ligamentous injuries and possible associated injuries). We must not forget to look for the existence of predisposing factors such as: hindfoot varus, midfoot cavus and plantar flexion of the first ray; as well as associated injuries: osteochondral lesions (OCL), ankle impingement, peroneal tendon pathology ...

The initial treatment for CLAI should be conservative, based balance and proprioceptive training and peroneal strengthening. If after 6 months of conservative treatment, the symptoms do not disappear, surgical treatment is indicated. There are more than 80 techniques described for the treatment of CLAI that can be classified into two main groups: repair techniques (reinsertion of the ligament remnant) and reconstruction techniques (the ligament is replaced by another tissue, usually a tendon).

The first techniques described for the treatment of ILCT are non-anatomical reconstruction techniques (Watson Jones technique, Evans technique, Chrisman-Snook technique, Castaign technique...), based on moving *the peroneus brevis*, maintaining its insertion distal to a non-anatomical position to supply the ligament deficiency, making a tenodesis effect through the tibiotalar and subtalar joints. They are not used at this moment, due to the stiffness of the subtalar and tibiotalar joints that they produce that can cause osteoarthritis the medium term, in addition using the peroneus brevis as donor tendon, a dynamic stabilizer of the ankle joint.

The Broström technique is considered the gold standard in the surgical, consisting in the shortening and direct suturing of the LTFA. Gould's modification is based on reinforcing the repair with the REI and the lateral talocalcaneal ligament. There are situations in which direct repair is not the best option, due to poor tissue quality of the ligament remnant, failure of previous direct repair, long-term instability, severe instability or those patients with clinical factors predisposing to failure of the technique of repair: ligamentous hyperlaxity or obesity. The best alternative for these patients is the anatomical reconstruction techniques based on the placement of the tendon graft in the footprint left by the anatomical insertions of the LTFA.

HYPOTHESIS AND OBJECTIVES

The main objective is to compare the angular stability produced by direct repair of the ATFL with two anchors without knots, against the angular stability of anatomic reconstruction with a tendon graft stabilized by biotenodesis screws, in a cadaveric model at time zero.

As secondary objectives are the following. First, to carry out an anatomical study of the number of fascicles of the ATFL. Second, compare the angular stability of the native ATFL versus that of the sectioned ATFL. Likewise, to evaluate if the angular stability of the direct repair of the ATFL is similar to the native ligament. Finally, assess whether the angular stability of the ATFL anatomic ligament reconstruction with graft is similar to the native ligament.

The hypothesis that is intended to be demonstrated is that the angular stability produced by the ATFL anatomical repair technique is similar to that provided by the ATFL anatomic reconstruction with graft in a cadaveric model, at time zero.

MATERIAL AND METHODS

The present thesis is a comparative experimental study in a cadaveric model. The sample consisted of 18 fresh frozen cadaver ankles managed according to current regulations. Nine ankles were right and another nine left.

To assess the stability of the ankle joint, we have used an arthrometer specifically designed to measure angular displacements of a sensor located in the talus in the three spatial planes: axial, coronal and sagittal. We define as angular stability the angular displacement (measured in degrees) of the talus after manual application of the anterior drawer (AD), pivot (P) and varus talar tilt (VTI) maneuvers in the three spatial planes.

In the axial plane, we define positive values ($x > 0$) as external rotation movement and negative values as internal rotation ($x < 0$). In the coronal plane, we consider positive values as reversal movement and negative values as eversion. Finally, in the sagittal plane we define positive values as plantar flexion and negative values as dorsal flexion.

Our protocol consists in evaluating the angular stability in 4 situations: native ATFL (1), sectioned ATFL (2), direct repair of the ATFL with two anchors (3); anatomic reconstruction of the ATFL with tendon graft

All statistical analyzes were performed with IBM SPSS version 24.0 (SPSS Inc, Chicago, Illinois). To compare quantitative variables, contrasts will be used for related samples using the Wilcoxon non-parametric test. A p value was considered significant when it was equal to or less than 0.05.

RESULTS

The ATFL is bifascicular in 83.33% of the corpses and monofascicular in 16.67%.

The first comparison we made is the angular stability of the intact ATFL against of the sectioned ATFL after applying the AD, P and VTT maneuvers. There are statistically significant differences between the intact ligament and the sectioned ligament with the AD maneuver ($p = .012$), with the P maneuver ($p = .001$) and with the VTT maneuver ($p = .013$).

If we compare healthy ATFL versus direct repair, there are only statistically significant differences with P in the axial plane ($p = .009$). There are no statistically significant differences between the angular stability of the intact ATFL and that of the ATFL tendon graft anatomical reconstruction technique.

We didn't find statistically significant differences between the angular stability obtained with the direct two-anchor repair technique and the anatomic reconstruction technique with tendon graft.

DISCUSSION

The surgical treatment of CLAI is a subject of continuous debate for foot and ankle orthopedic surgeons, due to the numerous controversies that exist in this regard.

The first issue of controversy is why surgical treatment of CLAI is indicated. The purpose of surgical treatment is twofold: in the short term, to address the symptoms of CLAI that prevent the patient from developing their sports activity and even to carry out activities of daily living and in the long term to restore the original biomechanics of the peritalar complex, to theoretically prevent the development of OCL that can lead to degenerative changes in the ankle joint.

Patients with lateral ligamentous ankle injury who develop CLAI usually present OCL caused by the same that in the medium to long term will degenerate into osteoarthritis of the ankle. Therefore, we think that the stabilization of the joint by means of anatomic ligament repair or anatomic reconstruction ligament with grafts, if they manage to restore the original biomechanics of the ankle, could prevent or at least slow the progression to osteoarthritis. These techniques reconstruct the joint kinematics avoiding the risk of stiffness, which can also have an important role in the development of osteoarthritis.

There are several published cadaver biomechanical studies evaluating the biomechanics of healthy ATFL with different arthrometers. In most studies, the direct repair techniques of the ATFL do not reproduce the resistance and stiffness of the healthy ligament, so they recommend

ankle protection in the early postoperative period. However, the anatomical reconstruction of the ATFL with graft demonstrated resistance and stiffness similar to the healthy ligament at time zero in a frozen cadaveric model.

Although cadaver biomechanical studies studying surgical techniques for the treatment of CLAI are scarce, clinical studies focused on CLAI are very numerous, from the review of most of them we draw the following conclusions.

Direct repair techniques continue to be the first choice in the surgical treatment of CLAI. Currently most of the techniques are performed with suture anchors that have already been validated biomechanically in vitro and functionally in clinical studies. The use of two anchors provides better functional results and better recovery of movement.

The current trend is the use of arthroscopic techniques "all-inside" or purely arthroscopic, these techniques offer excellent results in those cases in which there is a good tissue remnant. In the same surgical act, it allows the diagnosis and surgical approach of the associated intra-articular pathology, especially talus OCL.

If the quality of the ligament remnant is insufficient or there are predisposing factors for the failure of the repair technique, ligament reconstruction with auto or allograft is indicated according to the preferences of the surgeon and patient. The graft anatomical reconstruction procedure produces significant improvements in the functional scales, with low instability rates and high patient satisfaction according to the published series.

The present study has as weaknesses that we evaluated the direct repair technique at time zero, without including the biological effect of the healing process that can contribute to the

stabilization of the ankle joint. On the other hand, with respect to the measuring instrument, the force obtained from the manual application of the mentioned maneuvers was not objectively measured. This error has been minimized, as the maneuvers carried out always by the same researcher and on three occasions each test.

The relevance of this work lies in the fact that to our knowledge, there are no published biomechanical studies comparing the angular stability of direct ATFL repair versus anatomical reconstruction with ATFL grafting, always using the entire ligament as control. stability through angular rather than linear displacement, along with pivot maneuvering, is a new concept recently published.

CONCLUSIONS

1. The angular stability of the direct repair of the ATFL with two anchors is similar to the angular stability of the anatomic reconstruction of the ATFL with tendon graft, in a cadaveric model, at time zero.
2. The ATFL is bifascicular in 83.33% of the cadavers and monofascicular in 16.67%.
3. There are statistically significant differences between the angular stability of the sectioned ATFL and that of the intact ligament in the axial plane. With the VF maneuver there are statistically significant differences in the axial and coronal plane.
4. The angular stability of the direct repair of the ATFL presents statistically significant differences objectified with the pivot maneuver at time zero compared to the intact ATFL.
5. The angular stability of the anatomical graft reconstruction is similar to that of the intact ATFL.

INTRODUCCIÓN

1. Introducción

1.1. Epidemiología de la inestabilidad de tobillo

El esguince de tobillo es una de las patologías más frecuentes en los servicios de Urgencias hospitalarias y Atención Primaria. Además, es una de las lesiones más comunes en el deporte de competición y las actividades recreativas, supone entre el 10 y 30% de las lesiones en atletas, alcanzando el 40-56% en determinados deportes ^{1,2}.

La incidencia de los esguinces de tobillo en Estados Unidos es de 1 por cada 10.000 personas y día, y se estima que hay unos 2 millones de esguinces al año (incidencia de 2,15 por cada 1.000 personas/año) ³. El pico de incidencia ocurre entre los 15-19 años, sin encontrarse una diferencia significativa en la incidencia del esguince lateral de tobillo entre hombres y mujeres^{4,5}.

El rango de incidencia de esguinces de tobillo en Europa, oscila entre 5,3-7 por 1000 personas/año, donde sí existen diferencias por sexo, siendo más frecuentes en hombres en el grupo de menores de 40 años y pasada esta edad, son más frecuentes en mujeres ⁶.

De todas las lesiones de tobillo, los esguinces constituyen aproximadamente el 80% ⁶ de los cuales el 77% son esguinces laterales. ⁷

El coste económico de tratar y prevenir el esguince lateral de tobillo es enorme, por su elevada incidencia. ⁸⁻¹⁰ El coste indirecto médico anual de tratar un esguince de tobillo fue 1,1 billones de dólares americanos en los Estados Unidos en jugadores de fútbol y baloncesto de matriculados en enseñanza superior⁸. En Países Bajos, el coste anual se estimó en 84.240.000

euros ¹⁰ y el coste de prevenir un esguince de tobillo fue aproximadamente 444,03 euros ⁹. Debido a que la recidiva del esguince lateral de tobillo es muy alta, los síntomas persisten con relativa frecuencia. El 10 % de los atletas que habían sufrido un esguince de tobillo, a los 6,5 años de seguimiento, habían tenido que cambiar o dejar sus actividades deportivas debido a sus síntomas residuales ¹¹.

1.2. Anatomía y biomecánica del tobillo

Es imprescindible el conocimiento amplio de la anatomía y biomecánica del tobillo para realizar un correcto diagnóstico y adecuado manejo de la inestabilidad lateral de crónica de tobillo (ILCT). El tobillo constituye el nexo de unión entre el segmento de la pierna y el pie. Desde el punto de vista biomecánico la articulación tibiotalar es una articulación troclear de difícil separación de las articulaciones subtalar y talonavicular. Por ello siempre debemos tener en mente el concepto de complejo articular periastragalino o peritalar ¹².

La articulación del tobillo es la más congruente del ser humano. La estabilidad de la articulación del tobillo está ligada estrechamente a su morfología y su coaptación ósea. Posiblemente esta sea la justificación de la baja incidencia de la artrosis de tobillo frente a otras articulaciones del miembro inferior y por el contrario la rápida aparición de cambios degenerativos ante una mínima pérdida de congruencia. El grosor medio del cartílago es más fino que en otras articulaciones en torno a 0,8-2 mm (tibia más astrágalo) frente a los 3-5 mm de la cadera y los 6-8 mm de la rodilla, dependiendo de los autores consultados ^{13,14}. Sin embargo, a pesar de su escaso grosor el cartílago tibiotalar presenta un comportamiento con la edad diferente a otras articulaciones, ya que se deteriora más lentamente que el cartílago femoroacetabular¹⁵.

La movilidad primaria de la articulación del tobillo se desarrolla fundamentalmente en el plano sagital. El rango de flexo-extensión medio es de 43-63°, aunque solo 30° de este arco son necesarios para una marcha estable. Además, el astrágalo dentro de la mortaja experimenta un movimiento de rotación 10-15° de promedio junto con la basculación en varo-valgo, por lo que el tobillo debe considerarse una articulación triplanar. Existen estudios que demuestran la movilidad media de unos 21° en el plano coronal y de unos 8° en el plano axial¹⁶.

El astrágalo se sitúa en el centro del tobillo, siendo la estructura biomecánica fundamental que transforma las fuerzas de carga verticales de la tibia en fuerzas de carga horizontales al pie. Además, en el centro del astrágalo se sitúa el centro de rotación del segundo rodillo de la marcha¹⁷.

En cuanto a su morfología, la tróclea del astrágalo tiene forma de cono truncado, es más ancha en su porción anterior que posterior. Las caras del astrágalo también son diferentes, siendo la externa mayor y con un radio de curvatura también mayor si la comparamos con la cara interna^{18,19}. Esta configuración anatómica es la responsable de que cuando el tobillo realiza un movimiento de flexión dorsal se produzca al mismo tiempo un movimiento de aducción y la flexión plantar se acompañe de abducción^{18,19}.

Las articulaciones tibiotalar y subtalar se comportan como un “cardán heterocinético”. En mecánica el cardán se define como una articulación con dos ejes perpendiculares entre sí, comprendida entre dos árboles, dichas articulares transmiten el movimiento de un árbol al otro independientemente del ángulo formado entre ambos. Durante la marcha la pierna transmite la rotación externa al astrágalo y el astrágalo transmite la rotación interna a la pierna (cadena cinética cerrada). Es decir, cuando se produce una inversión, se asocia a una rotación interna

tibial y flexión plantar y a la eversión del tobillo se asocia una rotación tibial externa y una flexión dorsal¹².

Además de los ligamentos de la sindesmosis tibiofibular, los principales estabilizadores estáticos de la articulación del tobillo son dos complejos ligamentosos: el complejo ligamentoso lateral o ligamento colateral lateral (LCL) y el complejo ligamentoso medial o ligamento colateral medial (LCM) también denominado ligamento deltoideo. Como ya hemos mencionado la mayoría de los esguinces afectan al LCL que está formado por tres fascículos o ligamentos claramente diferenciados: el ligamento talofibular anterior (LTFA), el ligamento calcaneofibular (LCF) y el ligamento talofibular posterior (LTFP).

1.2.1. Ligamento talofibular anterior.

El 77% de los esguinces afectan al LCL, siendo el 73% debidos a ruptura o elongación del LTFA^{6,20}. Este ligamento es plano, cuadrilátero y relativamente fuerte. Es un ligamento intrínseco debido a que está íntimamente relacionado con la cápsula (Fig.1).



Figura 1. Disección anatómica de la región externa del tobillo donde se puede observar: fibula (1), astrágalo (2), LTFA (3), tendones peroneos (4) sobre el LCF, *peroneus tertius* (5) y LTFAId (6).

El LTFA se origina en el margen anterior del maléolo lateral. Desde su origen se dirige anteromedialmente hasta su inserción en el cuerpo del astrágalo, en dos pequeños tubérculos óseos, inmediatamente anterior a la superficie articular que posee para el maléolo lateral ²¹.

Está formado según Sarrafian ²¹ y Golanó ²², habitualmente, por dos bandas siendo la superior mayor que la inferior (15 mm x 8 mm x 2 mm, 20 mm x 6 mm x 2 mm, respectivamente) (Fig. 2). Están separadas entre sí por un intervalo que permite el paso de ramas de la arteria peronea perforante y de su anastomosis con la arteria maleolar lateral. Otros autores como Milner y Soames, ²³ Burks y Morgan ²⁴ y también Delfault ²⁵ consideran que puede estar formado ocasionalmente por una o tres bandas (Fig. 2).



Figura 2. Desinserción del LTFA de su inserción fibular, se pueden observar los dos fascículos y la huella anatómica talar señalada con dos flechas amarillas. También puede apreciarse su relación con el LTFAId (*).

De estas bandas, la superior llega hasta el origen del ligamento tibiofibular anteroinferior distal (LTiFAId) y la inferior al del LCF; incluso en muchos especímenes estos últimos ligamentos están unidos por fibras arciformes en su origen maleolar ²¹.

La función principal del LTFA es prevenir el desplazamiento anterior del astrágalo y la inversión.

En flexión plantar, el ligamento se tensa, siendo en este momento vulnerable y susceptible de lesionarse, sobre todo cuando el pie está en inversión. Sarrafian²¹ y más tarde Golanó²² constatan que durante la flexión plantar la banda superior está relajada aumentando su tensión a medida que se realiza la flexión dorsal del tobillo, mientras que la banda inferior se halla siempre en tensión independientemente de la posición del tobillo. En posición neutra del tobillo (bipedestación) el ligamento es prácticamente horizontal, para dirigirse hacia arriba cuando realiza flexión dorsal. En flexión plantar abraza firmemente el cuerpo de astrágalo y se dirige hacia abajo.

Es imprescindible conocer el origen e inserción del LTFA para realizar las técnicas quirúrgicas de reparación o reconstrucción anatómicas. En ocasiones no es fácil identificar la huella que ha dejado el ligamento. Por ello Matsui y Martín Oliva²⁶, en su trabajo recientemente publicado presentan el *tubérculo fibular oscuro* como referencia anatómica alternativa para la localización de la inserción del LTFA. Se encuentra 1,3 mm proximal a la punta del peroné y 3,7 mm distal al origen del LTFA.

El LTiFAId que conecta la epífisis distal de la tibia con el peroné, formando parte de la sindesmosis anterior, suele presentar un fascículo distal más o menos diferenciado que se consideraba causa de pinzamiento anterolateral, tras esguince de tobillo^{27,28}. Actualmente se considera que este fascículo existe siempre y está en contacto con la parte anterolateral del astrágalo. El área de contacto aumenta en flexión plantar y desaparece en dorsiflexión. No debe considerarse como un hallazgo patológico, sino como un elemento constante en la anatomía del tobillo²⁹.

1.2.2. Ligamento calcaneofibular.

Es un ligamento grueso y cordonal, que se origina en el borde anterior del maléolo fibular, justo debajo del origen de la banda inferior del LTFA. Es importante señalar que su origen no llega hasta la punta del maléolo, por lo tanto éste queda libre de inserciones ligamentosas²¹, detalle que podemos visualizar en la artroscopia de tobillo.

El LCF se dirige hacia atrás, abajo y medial, para insertarse en un tubérculo localizado en la zona posterior de la cara lateral del calcáneo, en posición neutra, es coaxial al peroné. El origen del LCF se encuentra 4,9 mm distal al *tubérculo obscuro fibular*, referencia que nos puede ayudar a localizar su huella sobretodo en cirugía mínimamente invasiva²⁶.

Este ligamento está cruzado por los tendones peroneos, que suelen dejar impresión sobre él, sólo 1 cm del ligamento está al descubierto (Fig. 3). Se encuentra separado de la articulación subtalar por el ligamento talocalcáneo lateral ²¹. El LCF estabiliza dos articulaciones, la articulación talocrural y la articulación subtalar, a diferencia de los otros dos componentes del complejo ligamentoso externo que actúan sólo sobre la talocrural.

Durante la flexión plantar el LCF se verticaliza, mientras que, en la flexión dorsal se horizontaliza, manteniendo su tensión durante todo el rango de movimiento. La posición de talo-valgo o varo modifica considerablemente el ángulo formado por el ligamento respecto al eje longitudinal del peroné. Así, en posición de valgo el ligamento se hallará relajado y en posición de varo estará tenso. Ello justificaría su posibilidad de lesión sin que exista movimiento de flexo-extensión del tobillo. Su función es limitar la supinación excesiva de las articulaciones tibiotalar y subtalar y se va tensionando a medida que el tobillo está dorsiflexionado.



Figura 3. LCF tras retirar los tendones peroneos.

1.2.3. Ligamento talofibular posterior

Es un ligamento grueso, intracapsular y extrasinovial, con forma trapezoidal, que presenta alta resistencia. Desde su origen en el maléolo lateral (fosa maleolar) cursa horizontalmente hacia la zona posterolateral del astrágalo. Sus fibras se insertan a lo largo de la cara lateral del astrágalo, en una superficie rugosa a modo de canal situada a lo largo del borde posteroinferior de la superficie maleolar lateral del astrágalo y otras fibras, más largas, se insertan en la superficie posterior del astrágalo, pudiendo alcanzar mediante expansiones el tubérculo posterolateral del astrágalo, o el *os trigonum*, pudiendo también contribuir en la formación del túnel del tendón del músculo flexor largo del dedo gordo (*M. Flexor hallucis longus*). En la visión posterior adopta forma triangular, con el vértice en posición lateral y la base en posición media²².

Una banda de fibras originada del borde superior del ligamento, se dirige hacia arriba y medialmente para insertarse en el borde posterior de la tibia, fusionándose con fibras del componente profundo del ligamento tibiofibular posterior (ligamento transverso), pudiendo alcanzar la superficie posterior del maléolo medial, contribuyendo a formar el *labrum* existente en el margen posterior de la tibia. El engrosamiento de la cápsula posterior fue denominada por

Paturet³⁰ como ligamento intermaleolar posterior. Este ligamento intermaleolar posterior ha sido motivo de recientes estudios por su implicación en el denominado pinzamiento posterior de tejidos blandos de tobillo³². En la terminología artroscópica, este ligamento ha recibido el nombre de “tibial slip”³³ (Fig.4).

La cápsula articular se inserta alrededor de las superficies articulares circunferencialmente salvo en la parte anterior donde se inserta en la tibia y en el astrágalo a unos 7 a 8 mm de la superficie cartilaginosa, formando la cámara anterior, este detalle anatómico debe conocerse para poner en práctica la cirugía artroscópica.

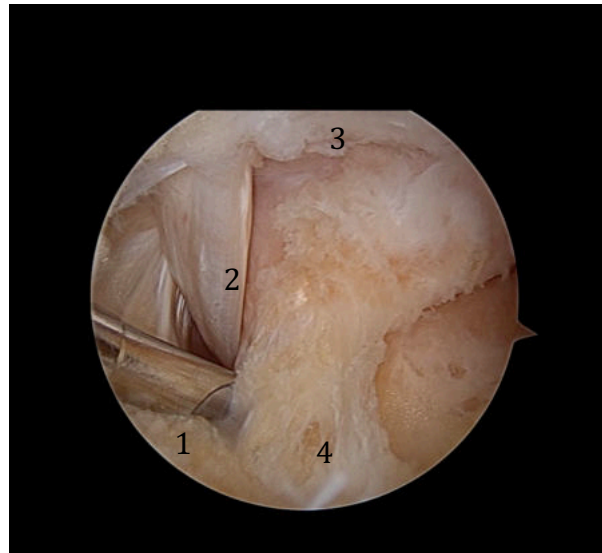


Figura 4. Visión artroscópica de las estructuras posteriores del tobillo derecho: fascia de Rouviere y Canela (1), LTFP (2), ligamento intermaleolar (3) y ligamento talocalcáneo posterior (4).

1.2.4. Retináculo extensor inferior

Continuando con el complejo del retropié encontramos el retináculo extensor inferior (REI) donde diferenciamos tres componentes³⁴. Estos son las ramas lateral, intermedia y medial. La rama lateral se origina superficial a los tendones extensores y las ramas intermedia y medial proceden de la fascia profunda por debajo de los extensores. La rama lateral se inserta en la cara medial del proceso anterosuperior del calcáneo. Junto al LCF y el ligamento talocalcáneo lateral, la rama lateral del REI constituye el soporte ligamentoso superficial de la articulación subtalar.

La rama intermedia discurre entre los tendones extensores a lo largo y ligeramente posterior al ligamento cervical, mientras que la medial cursa más profundamente hacia el seno del tarso³⁴.

1.2.5. Biomecánica del complejo ligamentoso externo

La función de estabilización articular de estos ligamentos es mucho más importante con el tobillo en descarga, puesto que en un tobillo en carga, la configuración ósea de la de la mortaja contribuye de forma intrínseca a la estabilidad³⁵.

Existen estudios biomecánicos que objetivan que el LTFA falla con una menor carga que el LCF. No obstante, el LTFA es capaz de soportar una mayor distensión que el LCF y el LTFP³⁶. Sin embargo, tiene una menor capacidad de soportar cargas antes del fracaso, unido a que el mecanismo de lesión más frecuente sea el de flexión plantar e inversión, ayuda a explicar que el LTFA sea el que con más frecuencia se lesiona.

Según Rasmussen³⁷, la función del LTFA es restringir los movimientos de rotación interna del astrágalo en la mortaja. Cuando el tobillo se encuentra en flexión plantar, también impide la aducción. El LCF restringe los movimientos de aducción y actúa prácticamente independiente en las posiciones de flexión dorsal y flexión neutra. En flexión plantar restringe los movimientos de aducción junto con el LTFA. Para terminar el LTFP evita el movimiento de rotación externa excesivo del tobillo cuando se encuentra en flexión dorsal, a pesar de que son los ligamentos mediales los responsables de limitar la flexión dorsal del tobillo. Rasmussen³⁷ demostró que tras una rotación interna forzada se rompe el LTFA que se continúa con la rotura del LTFP. La aplicación de fuerzas de aducción en posición neutra y de flexión dorsal motiva la rotura del LCF, mientras que en flexión plantar es el LTFA el que se lesiona.

1.3. Concepto de inestabilidad lateral crónica

El concepto de ILCT se basa en la existencia de un traumatismo en inversión forzada de cierta importancia, asociado a sensación de fallo, esguinces de repetición, sensación subjetiva de inestabilidad y persistencia de impotencia funcional³⁸. Podemos diferenciar dos tipos de inestabilidad que suelen aparecer asociadas, aunque podrían existir de manera independiente.

En 1965, Freeman y cols.³⁹ definen el concepto de **inestabilidad funcional** como una sensación subjetiva de fallo en el tobillo (definido por el término anglosajón “giving way”), durante las actividades cotidianas o deportivas, atribuyéndolo a déficit de propiocepción tras un esguince lateral de tobillo.

Décadas más tarde, Hertel y cols.⁴⁰ establecen que la causa de la ILCT, puede ser mecánica o funcional. **La inestabilidad de tobillo funcional** (ITF), se define por sensación subjetiva de inestabilidad que puede ocurrir en ausencia de aumento del rango de movimiento fisiológico del astrágalo. Entre las causas de esta última, se incluyen los siguientes factores: déficit de propiocepción, déficit neuromuscular, déficit del control postural y debilidad muscular⁴⁰. Cabe señalar que la hiperlaxitud no es en sí una entidad patológica, aunque a veces pueda estar involucrada en ciertas inestabilidades funcionales.

La inestabilidad de tobillo mecánica (ITM), se define como laxitud ligamentosa patológica de la articulación tibiotalar (con movilidad aumentada reproducible) en asociación con sensación de inestabilidad o fallo del tobillo⁴⁰. Según Hiller⁴¹, la ITM conlleva cambios artroquinéticos, sinoviales y degenerativos.

En resumen, podemos diferenciar dos tipos de inestabilidad de tobillo: la inestabilidad mecánica, y la inestabilidad funcional. La **inestabilidad mecánica** es una laxitud anormalmente

aumentada ocasionada por lesión ligamentosa; es, por lo tanto, un signo objetivo. Por el contrario, la **inestabilidad funcional** se refiere a una alteración en la función sin aumento del rango articular, resultando en episodios recurrentes en los que el tobillo tiende a ceder⁴⁰.

Vega define el concepto de **microinestabilidad**, o inestabilidad menor, como la presencia de lesiones aisladas del fascículo superior del LTFA en presencia de inestabilidad funcional o en aquellos casos en los cuales no es posible objetivar traslación talar anterior o inclinación talar en varo⁴².

La combinación de ILCT con una inestabilidad medial secundaria se ha denominado **inestabilidad rotatoria del tobillo**^{43,44}. La incidencia de esta lesión varía entre el 40% y el 72% de los pacientes con ILCT^{45,46}. El déficit del LTFA da lugar a una traslación anterior y una rotación interna del astrágalo. La rotación interna del astrágalo lesionaría con el paso del tiempo la porción más anterior del ligamento deltoideo⁴³. La aparición de esta lesión en el ligamento deltoideo es la responsable de una inestabilidad medial, con frecuencia no detectable durante la exploración⁴³.

1.4. Mecanismo lesional

El mecanismo lesional más frecuente del esguince lateral de tobillo consiste en un movimiento combinado de flexión plantar forzada, inversión del tobillo y rotación interna, mientras el centro de gravedad del cuerpo gira pivotando sobre el tobillo. Este movimiento implica un estrés máximo para todo el complejo ligamentoso externo, pero en especial para el LTFA^{47,48}.

Sin embargo, Fong et al¹, sugieren que ocurre incluso durante excesiva rotación interna con ligera dorsiflexión, tras el análisis de la posición del pie en jugadores de tenis. Éstos consideran

que la rotación interna, más que la flexión plantar puede ser uno de los factores que promuevan los esguinces de tobillo ⁴⁹. Basado en estos estudios, excesiva inversión o rotación interna ocurren en el desarrollo del esguince de tobillo, mientras que el papel de la flexión plantar excesiva es incierto ⁵⁰.

1.5. Fisiopatología y pronóstico

Gran parte de los esguinces se resuelven sin dejar secuelas con tratamiento conservador; sin embargo, entre el 10-50% de los esguinces agudos (dependiendo de la serie consultada) dan lugar al desarrollo una ILCT^{44,51-56}. En la población general activa, aproximadamente el 30% de los que sufren un esguince lateral de tobillo pueden referir síntomas de dolor e inestabilidad más allá de un año posterior de la lesión ⁵⁷.

Entre los factores que caracterizan la inestabilidad crónica de tobillo podemos diferenciar la propia inestabilidad causada por lesión ligamentosa, aquellos derivados de variaciones óseas, y los relacionados con restricciones cinéticas de la articulación.

Si los ligamentos se encuentran elongados, debilitados o rotos, se produce una insuficiencia que provoca un déficit de la restricción responsable de gran parte de la estabilidad.

La estabilidad de la articulación talocrural depende de la congruencia de las estructuras óseas que la forman. Los tobillos más propensos a la inestabilidad pueden presentar una cúpula talar comparativamente más grande y una cobertura por parte de la mortaja tibiofibular disminuida. Se ha visto que configuraciones óseas donde la cúpula del astrágalo presenta un radio mayor (es decir, cúpulas más aplanadas) y tibias con regiones articulares más pequeñas en el plano sagital están relacionadas directamente con la ILCT ⁵⁸. Por otro lado, la inclinación en varo de la articulación tibiotalar tiene una importante relación con el desarrollo de una insuficiencia crónica

del complejo ligamentoso externo, aunque continúa existiendo la duda de cual es la causa y cual es la consecuencia. Otras deformidades como el retropié en varo, el mediopié cavo o la flexión plantar del primer radio, son factores predisponentes a la ILCT^{40,59}.

La ILCT, afecta al LTFA de manera aislada en el 75-80% de los casos, y en un 15-20% a los ligamentos LTFA y LCF, siendo excepcionales las roturas del ligamento LTFP⁶⁰. A menudo, estas inestabilidades presentan lesiones asociadas, y evolucionan a cambios degenerativos articulares⁶¹.

1.6. Diagnóstico de la inestabilidad de tobillo

1.6.1. Anamnesis

En esta patología la anamnesis cobra especial relevancia, ya que la sensación de inestabilidad es un signo subjetivo que nos transmite el paciente con la expresión “se me va el tobillo” (equivalente al término “giving away” de la bibliografía anglosajona) o como inseguridad o sensación de fallo, acompañada de molestias y/o tumefacción en la articulación con alteraciones mecánicas como bloqueos y/o chasquidos.

Seguidamente debemos averiguar cuantos episodios de esguince ha tenido el paciente, cuanto le incomoda la sensación de inestabilidad y si fruto de ello ha tenido que modificar su actividad cotidiana, laboral y/o deportiva.

1.6.2. Exploración Física

En la exploración observaremos dolor y tumefacción - sobre todo durante el episodio agudo - a la palpación de la región anterolateral del tobillo, más específicamente en la localización del LTFA y LCF. Otros puntos de dolor pueden ser el ligamento deltoideo, el seno del tarso

(ligamento cervical y ligamento talocalcáneo), interlínea articular (LOC) y región retromaleolar (lesiones de los tendones peroneos).

La estrategia diagnóstica no debe centrarse únicamente en identificar las lesiones ligamentosas del complejo peritalar, al mismo tiempo es imprescindible valorar si existen factores predisponentes y/o lesiones asociadas (Tabla 1).

FACTORES PREDISPONENTES	LESIONES ASOCIADAS
Tobillo en varo	Pinzamiento de partes blandas
Retropié varo	Lesiones osteocondrales (LOC)
Mediopié cavo	Lesiones tendones peroneos
Flexión plantar primer radio	Cambios degenerativos

Tabla 1. Factores predisponentes y lesiones asociadas en la ILCT.

Los signos encontrados durante la exploración suelen ser mucho más sutiles que los clásicos de las lesiones agudas, con mínima o inexistente equimosis y tumefacción.

A continuación, tenemos que valorar el balance articular de la tibiotalar, subtalar, y el mediopié. Posteriormente, debemos evaluar si existe retracción de los gastrocnemios según la maniobra de Silfverskiöld⁶² (limitación de la dorsiflexión del tobillo con la rodilla extendida que aumenta considerablemente con la flexión de rodilla).

La laxitud ligamentosa debe ser valorada una vez pasada la fase aguda, ya que el paciente presentará menos tumefacción y dolor⁵⁶. Siempre debemos comparar con el tobillo contralateral para descartar una hiperlaxitud generalizada. La laxitud se objetiva tradicionalmente con la maniobra del cajón anterior y la del varo forzado.

Cajón anterior: Con la rodilla flexionada 90° y con el pie en posición neutra, se tracciona el calcáneo hacia delante, manteniendo la tibia fija con la otra mano. Es positiva cuando la traslación es superior a 10 mm o es 3 mm mayor comparado con el lado sano. Sugiere lesión de la cápsula anterior y del LTFA^{56,63-65}.

Varo forzado: Para valorar la lesión del LTFA y LCF se invierte el talón, sujetando la planta del pie y fijando el tercio distal de la tibia. Observaremos la existencia o no de resistencia y la posible aparición de surco bajo el astrágalo. Es indicativa por encima de los 10° de varo o 5° superior que el contralateral⁶⁵.

Recientemente Guerra-Pinto y cols.⁶⁶ describen una nueva maniobra basada en el concepto de la inestabilidad rotacional del tobillo denominada pivote. Esta prueba consiste en aplicar una rotación interna del astrágalo con eje en la región anteromedial talar donde se inserta el LCM con la mano dominante y empleando la contralateral para fijar la tibia y evitar el desplazamiento.

1.6.3. Pruebas de imagen.

La exploración física nos orientará hacia las pruebas de imagen necesarias. Una exploración anodina no excluye la existencia de ILCT. En el estudio de la extremidad inferior, siempre es útil solicitar radiografías en carga de pie y tobillo bilateral para valorar alteraciones del eje de la extremidad, la congruencia tibiotalar, así como la alineación del retropié mediante una proyección de Saltzman.

Las radiografías de estrés se consideraban la prueba de mayor valor para la detección de la inestabilidad mecánica. Se han empleado como método objetivo para cuantificar el cajón anterior y la laxitud en varo del tobillo con sospecha de inestabilidad crónica. Este tipo de proyecciones se realizan forzando la postura del tobillo manualmente, o con sistemas dinámicos

de estrés (TELOS, Marburg Alemania), o incluso con el mismo paciente forzando de manera activa y en carga un varo controlado⁶⁸. Actualmente con el desarrollo de la RM y la ecografía, se usan menos, ya que implican someterse a una dosis de radiación y además la anestesia de la articulación si el paciente no puede colaborar por dolor.

La ecografía es una técnica útil y de bajo coste para el diagnóstico de lesiones ligamentosas de tobillo, en manos de profesionales con experiencia. Además permite realizar pruebas dinámicas aplicando las maniobras de exploración para valorar la respuesta de las estructuras ligamentosas⁶⁸. Es una prueba diagnóstica que goza de gran popularidad en los últimos años, ya que puede ser empleada en el episodio agudo en urgencias -posibilitando una mejor orientación diagnóstica y consiguientemente terapéutica y pronóstica- y en los casos de inestabilidad crónica. También permite el estudio de los tendones peroneos. (Fig. 5).

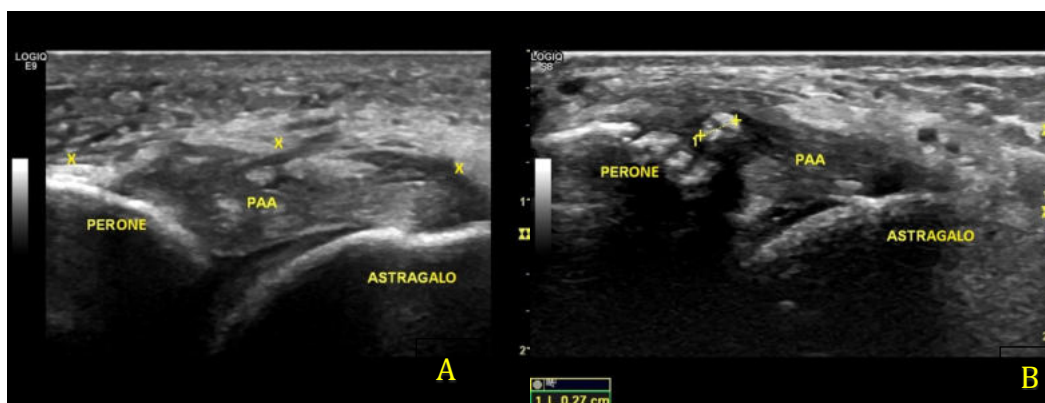


Figura 5. A: Imagen ecográfica de rotura parcial del LTFA. Se distingue un marcado engrosamiento del ligamento de predominio hipoecoico. **B:** Imagen ecográfica de rotura completa del LTFA. En este paciente se visualiza en el extremo proximal del ligamento un resto cálcico de pequeño tamaño por la avulsión provocada durante la rotura del ligamento. (Imágenes cedidas por el Dr. Fernando Jiménez)

La resonancia magnética (RM) es la prueba de imagen de elección en la ILCT⁶⁹. La capacidad de la RM para determinar si el LTFA y la LCF están lesionados presenta valores de sensibilidad entre el 44% al 100% y de especificidad entre el 66% y el 100% en la bibliografía^{68,70-72}. Estudios recientes, afirman que la RM posee una especificidad muy alta para detectar lesiones ligamentosas, sin embargo su sensibilidad es baja, por lo que si un paciente presenta clínica de

inestabilidad de tobillo con una resonancia negativa, ésta debe ser revisada nuevamente⁷²(Fig.6).

La RM nos permite al mismo tiempo la identificación de las lesiones ligamentosas y de posibles lesiones asociadas, con una sensibilidad de hasta el 80% e incluso mayor cuando se evalúan solo las lesiones osteocondrales. También permite el diagnóstico diferencial con otras patologías como fracturas que han pasado desapercibidas en las radiografías -especialmente fracturas del proceso talar lateral o anterior del calcáneo-, edemas óseos y patologías del seno del tarso ⁷³.

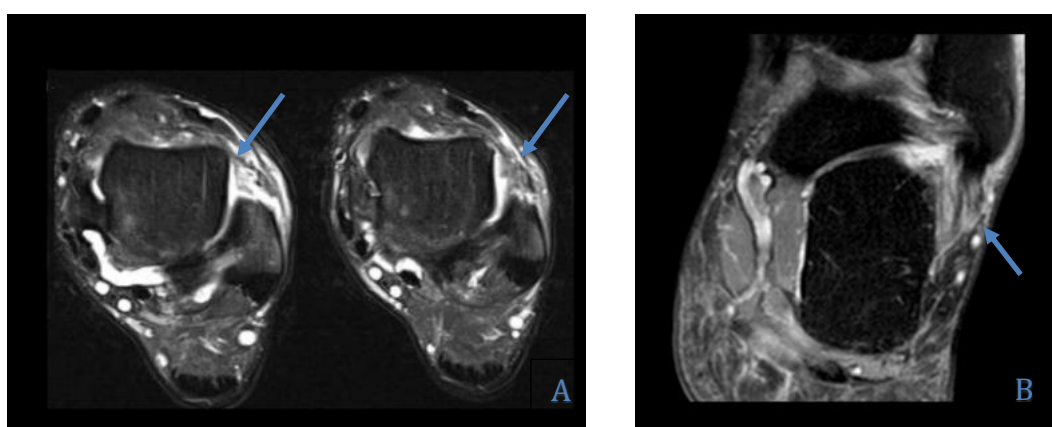


Figura 6. A: Corte axial de RM donde se evidencia rotura del LTFA en su inserción fibular. **B:** Corte coronal de RM de rotura del LCF.

Las imágenes de rotura de ligamentos son más fáciles de identificar mediante la artrografía-RM⁷⁴. Los resultados de las diferentes técnicas de imagen han sido analizados comparando cirugía/RM con gadolinio/artro-RM⁷⁵. Los resultados de la RM con gadolinio y la artro-RM son excelentes y similares para visualizar ligamentos (complejo externo, sindesmosis tibiofibular, seno del tarso, ligamento deltoideo) y tendones. La RM con gadolinio proporciona una visualización más completa de los ligamentos que la artrografía por TC, y es mejor para la evaluación directa de los tendones peroneos. Es la técnica de referencia para evaluar la ILCT. La artro-TC puede ser más apropiada en presencia de LOC asociada o artrosis temprana. Aunque la RM dinámica puede ser la técnica de futuro, los resultados existentes en la literatura aún son experimentales ^{36,76,77}.

La artroscopia se considera el patrón oro para el diagnóstico de lesiones asociadas y al mismo tiempo es una técnica que nos permite tratar tanto estas lesiones asociadas como la propia patología ligamentosa⁷³ (Fig. 7).

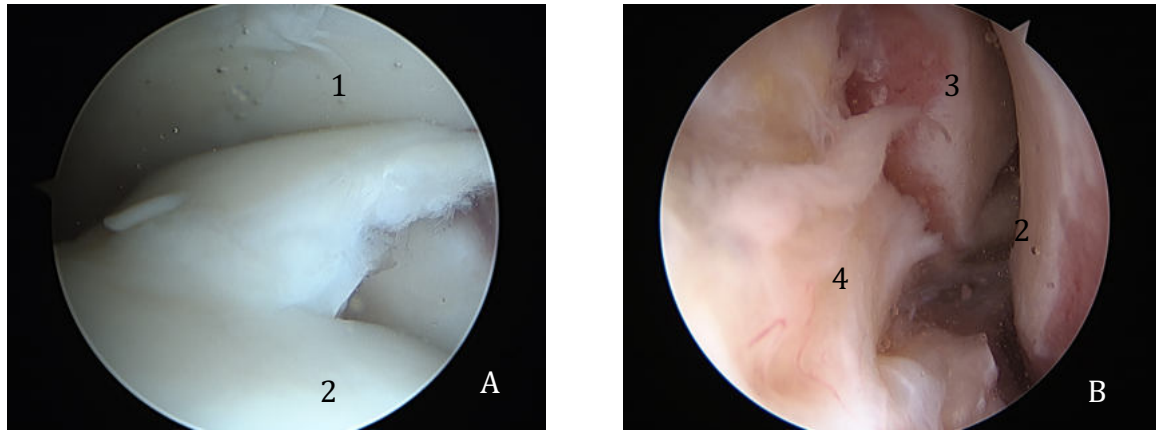


Figura 7. A Imagen artroscópica lesión osteocondral vertiente talar medial. B. Rotura LTFA. Tibia (1), astrágalo (2), fibula (3), LTFA (4).

1.7. Tratamiento de la inestabilidad lateral crónica de tobillo

1.7.1. Tratamiento conservador de la ILCT.

Se debe de valorar siempre de forma individualizada qué tipo de tratamiento va a ser el más adecuado a cada paciente. Su objetivo principal es eliminar el dolor, la sensación de inseguridad, y cualquier alteración músculo-esquelética que pueda ser un factor predisponente para futuros episodios de inestabilidad y/o cambios degenerativos, a largo plazo. Se basa en diferentes modalidades de ejercicios que incluyen el entrenamiento propioceptivo, el fortalecimiento de grupos musculares y el uso de vendajes, ortesis y plantillas.

El entrenamiento propioceptivo radica en ejercicios asistidos sobre plataformas como el plato de Böhler, Freeman, o el BOSU (del inglés: *both side up*, ambos lados útiles), devuelven al tobillo la capacidad inconsciente para evitar posicionamientos que pudieran hacerlo más vulnerable a mecanismos forzados de inversión.

El fortalecimiento de los músculos peroneos desempeña un papel importante dentro de la rehabilitación de los grupos musculares. Los tiempos de reacción de la musculatura peronea están enlentecidos en los cuadros de inestabilidad, lo que deja al paciente sin un mecanismo protector frente a inversiones forzadas^{78,79}.

Históricamente el empleo de diferentes tipos de vendajes ha sido empleado en el entorno deportivo con el propósito de prevenir los esguinces de tobillo. Sin embargo, su efecto sobre la inestabilidad de tobillo ya establecida continúa siendo controvertido. En estudios recientes⁸⁰ concluyen que, tras la aplicación de vendajes, los pacientes con inestabilidad crónica consiguen disminuir significativamente la laxitud mecánica del tobillo y con ello su sintomatología.

El uso de ortesis de tobillo se ha demostrado efectiva por algunos autores en el control de movimientos que pudieran ser causa de lesión del complejo ligamentoso externo⁸⁰. La mejora de la retroalimentación somatosensorial, en el control neuromuscular del tobillo y la disminución de la carga muscular parecen ser los mecanismos por los cuales estos dispositivos tienen efectos beneficiosos sobre la inestabilidad crónica de tobillo⁶⁸.

2.7.2. Tratamiento quirúrgico de la ILCT.

Es importante cerciorarse de que el paciente ha seguido un tratamiento conservador adecuado y si no es así indicarlo de nuevo. Además, se recomienda realizar un análisis de otras causas, como pueden ser acortamiento del gastrocnemio, pinzamiento de partes blandas y/u óseas, lesiones de los tendones peroneos, lesiones osteocondrales ocultas, fracturas que han pasado desapercibidas o desaxaciones del miembro inferior. El tratamiento quirúrgico debe plantearse pasados al menos 6 meses de tratamiento conservador, si éste no ha funcionado.

Tenemos que diferenciar dos grupos de procedimientos quirúrgicos: **las técnicas de reparación** y **las técnicas de reconstrucción**, ya sean obtenidos del mismo paciente (autoinjerto) o de un cadáver procedente de biobanco de tejidos (homoinjerto). Dentro de las técnicas de reconstrucción debemos diferenciar entre técnicas anatómicas y no anatómicas. Las técnicas anatómicas son aquellas que reproducen el trayecto de los ligamentos del tobillo. Las técnicas no anatómicas fueron las primeras en utilizarse, son aquellas que siguen otro recorrido para estabilizar el complejo peritalar. Estas técnicas prácticamente no se emplean en la actualidad porque no reconstruyen la cinemática articular y presentan mayor índice de rigidez articular tibiotalar y subtalar con la subsiguiente evolución a artrosis, sin embargo, al ser las primeras en emplearse merecen un recuerdo histórico.

2.7.2.1. TÉCNICAS DE RECONSTRUCCIÓN NO ANATÓMICA.

La primera descripción de reconstrucción ligamentosa de tobillo corresponde a Nilssonne⁸¹ en el año 1932, consistía en transferir el *peroneus brevis* al peroné. En 1934 Emslie⁸² describió un entrelazado de fascia lata para la reconstrucción del complejo ligamentoso externo.

Posteriormente, en 1940, Watson-Jones⁸³, publicó su técnica mediante la cual reorienta un injerto de *peroneus brevis* a través del maléolo externo en dirección postero-anterior para terminar fijándola al cuello del astrágalo para estabilizar el tobillo. Esta técnica reproduce el trayecto del LTFA, pero no del LCF (Fig. 8A). El año siguiente, Evans⁸⁴ publicó una técnica donde simplifica este proceso al pasar únicamente el *peroneus brevis* por un túnel óseo oblicuo en el peroné distal con una dirección de anteroinferior a posterosuperior. Este procedimiento tampoco sigue el trayecto anatómico del LTFA y LCF, más bien hace un recorrido entre ambos (Fig. 8B).

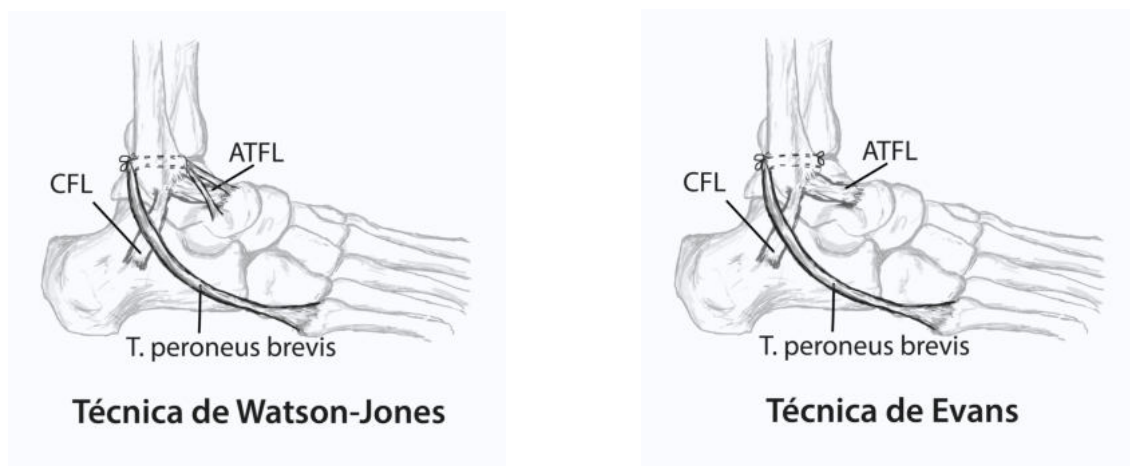


Figura 8.A Esquema reconstrucción con *peroneus brevis* según la técnica de Watson-Jones. **B.** Esquema reconstrucción con *peroneus brevis* según la técnica de Evans. Imagen realizada por Dra. C. Ojeda Thies.

Más tarde, en el año 1969 Chrisman y Snook⁸⁵, describieron ciertas modificaciones con la intención de aproximarse más al trayecto anatómico del LTFA y el LCF. Emplean como plastia el hemitendón del *peroneus brevis* (reminiscencia de la técnica original de Emslie) que se transfiere desde su inserción, a través de un túnel en el maléolo externo, a través de otro túnel en el calcáneo y finaliza fijándose en el astrágalo. (Fig. 9). En Francia en 1961, Castaing⁸⁶ describió una técnica similar. El *peroneus brevis* (o una sección longitudinal del tendón) se pasaba de anterior a posterior a través de un túnel óseo con una dirección intermedia entre los trayectos anatómicos del LTFA y LCF, para luego suturarse sobre sí mismo.



Figura 9. Esquema reconstrucción con *peroneus brevis* según la técnica de Chrisman-Snook. Imagen realizada por Dra. C. Ojeda Thies.

La utilización del tendón del *peroneus brevis* es la más frecuente dentro de las técnicas de reconstrucción no anatómica. Este grupo de técnicas se basa en trasladar un estabilizador dinámico del tobillo, manteniendo su inserción distal, a una nueva posición, no anatómica, para compensar el déficit de los ligamentos lesionados haciendo un efecto de tenodesis a través de las articulaciones tibiotalar y subtalar. Estas técnicas de reconstrucción ligamentosa, como no siguen el trayecto anatómico original, pueden alterar la cinemática articular, disminuyendo la flexibilidad, y dando como resultado limitaciones en la movilidad de la articulación subastragalina principalmente, pudiendo derivar en artrosis a medio-largo plazo⁸⁷⁻⁸⁹. Además presentan el tiempo de reacción de los peroneos aumentado; y cambios en la distribución de presión plantar estática y dinámica^{89,90}. Los estudios de más de 10 años incluso muestran un agravamiento de estos problemas que resultan en una reducción de la satisfacción inicial del paciente^{88,91}.

2.7.2.2. TÉCNICAS DE REPARACIÓN DIRECTA.

La reparación directa descrita por Broström⁹² en el año 1966, se ha considerado el patrón oro en el tratamiento quirúrgico de la inestabilidad crónica de tobillo. Esta técnica consiste en el acortamiento y sutura directa del LTFA en su inserción fibular. En el 30% de los pacientes, el LCF también precisa reparación. Reporta una tasa de éxito del 80%⁹².

La modificación de Gould⁹³ descrita en 1980, defiende reforzar la reparación con el REI que además limita la inversión y ayuda a estabilizar la articulación subtalar⁹³. Posteriormente Karlsson⁹⁴ recomienda el reanclaje del tejido a su origen anatómico en el peroné. Sjölin⁹⁵ emplea un colgajo de periostio local del peroné como técnica de augmentación a la reparación directa.

La reparación directa tiene la ventaja de restaurar la anatomía de la articulación y preservar la movilidad subtalar y evita la morbilidad asociada de las técnicas que precisan auto u homoinjerto.

En cuanto a la duración en el tiempo, existen estudios publicados con resultados buenos en aproximadamente el 90% de los pacientes, con un seguimiento medio de 25 años⁹⁶. La desventaja de la reparación directa es la estabilización escasa que se produce, si la calidad del tejido es pobre o si el paciente presenta alta demanda funcional.

2.7.2.3. TÉCNICAS DE RECONSTRUCCIÓN ANATÓMICA.

Existen situaciones en las que la reparación directa no es la mejor opción: fallo de la reparación directa previa o aquellos pacientes con factores clínicos predisponentes para el fracaso de la técnica de reparación: mala calidad tisular del remanente ligamentoso, inestabilidad de largo tiempo de evolución, hiperlaxitud ligamentosa o alta demanda funcional (deporte de competición u obesidad)^{50,97-99}.

La mejor alternativa para estos pacientes son las técnicas de reconstrucción anatómica con autoinjerto u homoinjerto, que se ha demostrado que tienen una carga similar al fallo y rigidez del LTFA intacto¹⁰⁰. Las técnicas de reconstrucción anatómica se basan en la colocación del injerto en la huella que han dejado las inserciones anatómicas del LTFA y LCF, como ya hemos mencionado.

Coughlin y cols.⁹⁷ describieron una técnica utilizando autoinjerto de *gracilis* tejido a través del calcáneo, peroné, y agujeros de taladro que recuerdan al procedimiento original de Elmslie⁸². Luego se sutura el LTFA sobre la parte superior de la reconstrucción para dar un soporte biológico adicional.

Actualmente parece que la mayoría de las técnicas de reconstrucción empleadas utilizan como injerto el tendón del músculo *gracilis* con estabilización mediante túneles óseos localizados en las huellas anatómicas y empleando para la fijación de la plastia tornillos interferenciales. De esta

forma se obtienen buenos resultados sin alterar la movilidad subtalar y sin perder la función de los peroneos que participan en la estabilización del tobillo^{101,102}.

Tradicionalmente el papel de la cirugía artroscópica en la inestabilidad de tobillo se centraba en el tratamiento de las lesiones asociadas. Recientemente, el avance del instrumental artroscópico y los sistemas de fijación y anclaje específicamente diseñados para la articulación del tobillo, han permitido el desarrollo de distintos procedimientos de reparación y reconstrucción artroscópica^{46,60,67}.

Para finalizar además del tratamiento de las lesiones asociadas, es imprescindible solucionar los factores predisponentes como son el retropié en varo, el mediopie cavo o la flexión plantar del primer radio.

El tratamiento postoperatorio es similar en todas las técnicas quirúrgicas. El paciente es inmovilizado con una férula posterior suropédica en descarga durante 2 semanas. Pasado este periodo de tiempo se sustituye por una ortesis tipo *Walker* (DonJoy, Surrey, United Kingdom), permitiendo la carga parcial progresiva y comenzando a realizar ejercicios de movilidad activa e hidroterapia. A las 4 semanas se inician ejercicios de movilidad pasiva y a las 10-12 semanas se retira la ortesis. La reincorporación a actividades deportivas se reinicia en este periodo, si bien, previamente el paciente puede iniciar la práctica de natación y bicicleta.

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

2. Hipótesis y Objetivos

La **hipótesis** que se pretende demostrar fue: la estabilidad angular originada por la técnica de reparación anatómica del LTFA es similar a la producida por la técnica de reconstrucción anatómica con injerto del LTFA, en un modelo cadavérico en el momento cero.

El **objetivo principal** fue comparar la estabilidad angular que produce la reparación directa del LTFA con dos anclajes sin nudo frente a la estabilidad angular de la reconstrucción anatómica con injerto tendinoso estabilizado mediante tornillos de biotenodesis, en un modelo cadavérico en el momento cero.

Los **objetivos secundarios** fueron:

1. Realizar un estudio anatómico del número de fascículos que componen el LTFA.
2. Comparar la estabilidad angular del LTFA sano frente a la del LTFA seccionado.
3. Evaluar si la estabilidad angular de la técnica de reparación directa del LTFA es similar a la del ligamento sano.
4. Valorar si la estabilidad angular de la técnica de reparación directa del LTFA es similar a la del ligamento sano.

MATERIAL Y MÉTODOS

3. Material y métodos

3.1. Diseño del estudio

Estudio experimental comparativo en cadáver entre dos técnicas quirúrgicas, empleadas en la en el tratamiento quirúrgico de la ILCT, a tiempo cero.

3.2. Ámbito poblaciones de estudio y muestra

3.2.1 Ámbito del estudio

El presente estudio fue realizado en la sala de disección del Departamento de Anatomía y Embriología Humana de la Facultad de Medicina de la Universidad Complutense de Madrid en el año 2018.

Los cuerpos donados fueron registrados, identificados, limpiados, desinfectados y rasurados. Se extrajeron 10 cc de sangre de la vena subclavia para el análisis serológico (VIH y hepatitis B y C). Posteriormente, se trasladaron a la cámara de congelación a -20°C antes de las 48 horas posteriores al fallecimiento. Una vez congelados, se procedió al corte de la región anatómica mediante una sierra industrial (MEDOC S.A, modelo BR 400), reponiendo las hojas para congelado (3TPIA) siempre que fue preciso. Una vez obtenidas las piezas cadavéricas, se volvieron a congelar a -20°. Posteriormente y de manera previa al estudio se descongelaron 24 horas antes de la realización del estudio.

3.2.2 Población de estudio

Especímenes cadavéricos de tobillo

Criterios de inclusión:

- Edad comprendida entre 18-60 años.

Criterios de exclusión:

- Tobillos con cicatrices previas.
- Tobillos con rigidez de las articulaciones tibiotalar y/o subtalar.
- Tobillos con deformidades anatómicas importantes.

3.2.3. Tamaño muestral

Estimación de la muestra: A partir de la información de estudios previos publicados calculamos el tamaño de la muestra necesario para nuestro estudio. Para estimar medias con un error absoluto ε y una confianza $1-\alpha$, el tamaño muestral se obtuvo aplicando la siguiente fórmula establecida para poblaciones infinitas y redondeando su resultado al entero superior:

$$n = \frac{Z^2 \cdot \sigma^2}{e^2}$$

(1) Donde Z es una constante obtenida de la tabla para la distribución normal estándar $N(0,1)$, que depende del nivel de confianza asignado, en nuestro caso 95%, σ es la desviación estándar de la población basada en estudios previos y ε es el error absoluto, precisión deseada basada en las características del aparato de medida.

(2) Por las características de nuestro estudio no fue necesario realizar corrección por abandonos. Siendo la diferencia permisible 0,2 (20%) y la varianza poblacional 1,15; la muestra estimada es 18.

3.2.4. Descripción de la muestra.

La muestra estaba constituida por 18 tobillos de cadáver fresco congelado. Éstos fueron obtenidos de acuerdo al programa del Centro de Donación de Cuerpos de la Universidad Complutense de Madrid, cumpliendo todos los requisitos éticos exigidos. El estudio fue

previamente revisado por el comité de Bioética del Instituto de Investigación i+12, obteniendo su aprobación.

En cada espécimen, la tibia junto con el peroné estaba seccionada por debajo de la articulación de la rodilla, manteniendo al menos 20 cm de longitud. La muestra estaba formada por 9 tobillos derechos y 9 tobillos izquierdos.

3.3. Descripción de las técnicas quirúrgicas

3.3.1. Técnica de reparación directa

Esta técnica consiste en la reinserción del resto ligamentoso en el origen anatómico del LTFA, con dos anclajes sin nudo. Para comenzar, se debe identificar el resto ligamentoso en su inserción talar (Fig. 10).



Figura 10. Localización de la huella anatómica del LTFA (bifascicular) señalada con dos flechas azules.

A continuación, se pasó una sutura doble de alta resistencia de *FiberWire* #2/0 a través del resto de LTFA (*Arthrex, Naples, FL, EEUU*), con ayuda de un *micro SutureLasso*TM con 70° de curvatura (*Arthrex, Naples, FL, EEUU*) se introdujo el nitinol por el remanente ligamentoso y a través del ojal del mismo, la doble sutura; los extremos libres de la sutura se pasaron a través del lazo.

Seguidamente se repitió la misma maniobra con un segundo punto de sutura de localización proximal al anterior. De esta manera, se pueden tensionar los restos del ligamento para conocer la calidad del tejido a reparar (Fig. 11).



Figura 11. Paso de sutura de alta resistencia a través del fascículo superior del LTFA.

Posteriormente, la guía de broca se situó en la huella fibular del LTFA, justo distal a la inserción del LTiFAId (porción más anterior de la sindesmosis tibiofibular). La broca de 1,8 mm se dirigió de anterior a posterior con 30° de inclinación caudocraneal respecto al plano horizontal. Después se procedió al brocado de dos orificios, situados verticalmente en la citada huella anatómica (Fig. 12).



Figura 12. Brocado de orificio en fibula con 30° de inclinación caudocraneal.

Para finalizar, se pasó el punto de sutura situado más distal a través de un anclaje sin nudo *Bio-PushLock* de 2,5 mm (*Arthrex, Naples, FL, EEUU*) y se introdujo en el primer agujero situado más distal. Durante la implantación de los anclajes, se debe mantener una posición fija del tobillo, en dorsiflexión neutra y eversion de 5-10°. Se repitió la misma operación con el segundo punto de sutura, el más proximal se conduce al orificio localizado más proximal (Fig. 13).



Figura 13. Inserción de la sutura del fascículo superior del LTFA en la huella anatómica fibular.

Desde un punto de vista biomecánico, el empleo de dos anclajes, permite una mayor superficie de contacto del LTFA con la superficie ósea, así como una mejor distribución de las tensiones. (Fig. 14 y 15)



Figura 14. Detalle de la reparación directa del LTFA con dos anclajes sin nudo.

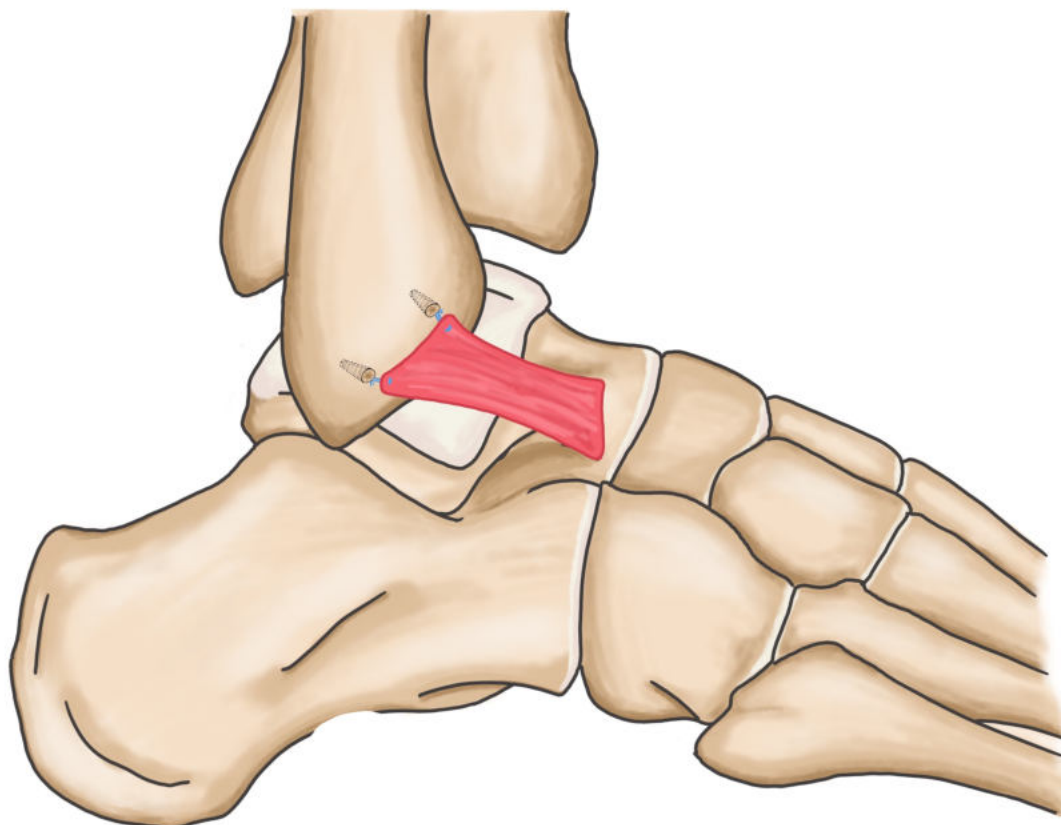


Figura 15. Esquema de la reparación anatómica del LTFA con dos anclajes sin nudo.

A continuación, se expone paso a paso mediante imágenes, la técnica de reparación directa del LTFA con dos anclajes sin nudo, en cadáver. (Fig. 16)

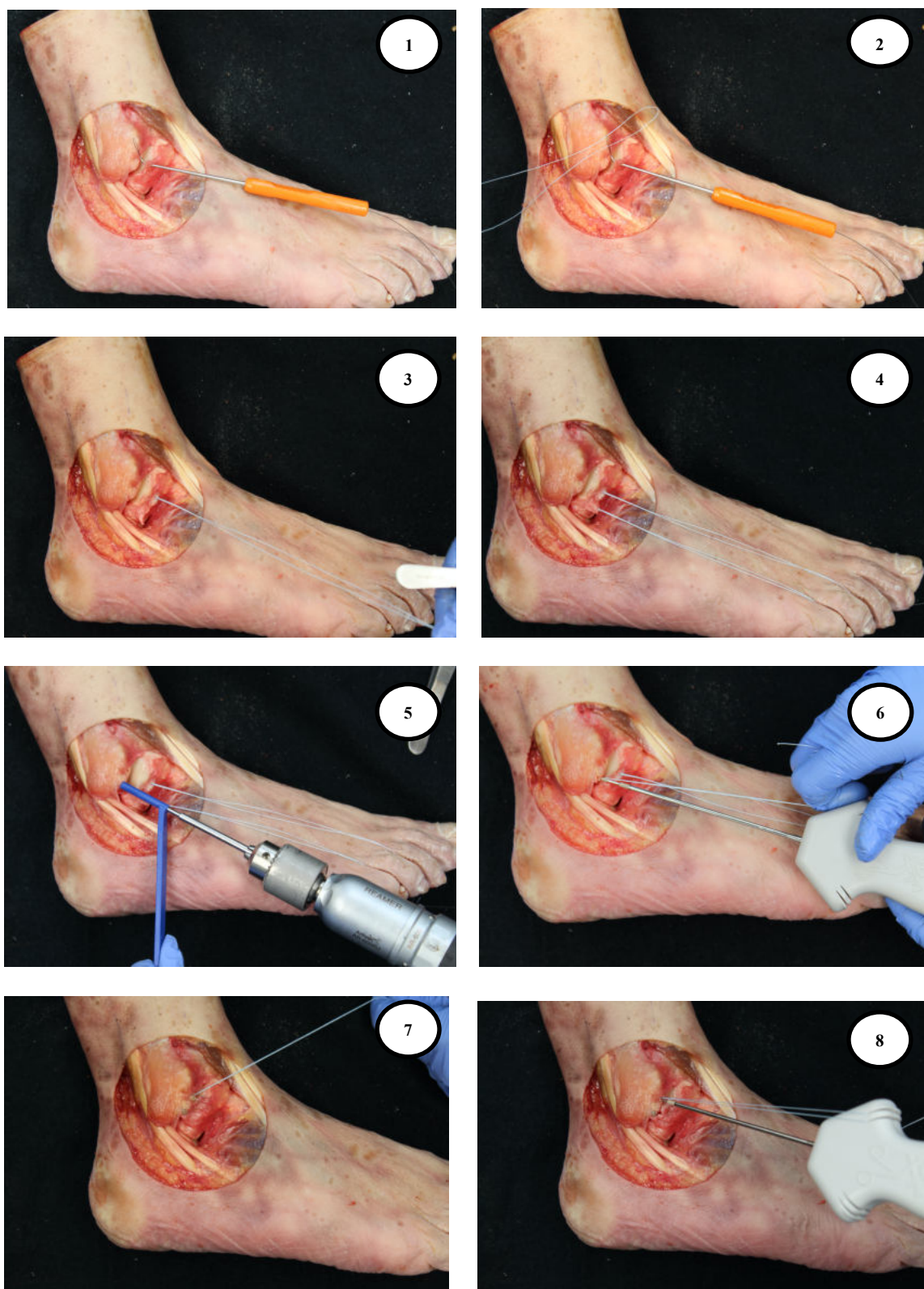


Figura 16. Técnica de reparación anatómica directa del LTFA con dos anclajes paso a paso.

3.3.2 Técnica de reconstrucción anatómica con autoinjerto.

El primer paso consistió en extraer el tendón del *Extensor Hallucis Longus* (EHL) del dorso del pie -procedente del mismo cadáver- que se emplea como donante. El diámetro del injerto fue aproximadamente 5 mm de diámetro y al menos 100 mm de longitud. Se prepararon los extremos de la plastia con una sutura de alta resistencia *FiberLoop#0* (*Arthrex, Naples, FL, EEUU*) y se sometió a una tensión de 88 N durante 10 minutos en el banco de trabajo (Fig. 17).



Figura 17. Extracción de tendón EHL del dorso del pie para emplearlo como autoinjerto.

En segundo lugar, es necesaria la identificación de las huellas anatómicas de las inserciones talar y fibular que han dejado los restos ligamentosos, ya que son las referencias para realizar la reconstrucción anatómica. Se brocó un hemitúnel de 5 mm de diámetro y 25 mm de profundidad en el cuerpo del astrágalo (Fig. 18).



Figura 18. Aguja guía para brocado de túnel ciego (5x25mm) en la huella talar del LTFA.

Se realizó un segundo túnel de 5 mm de diámetro con 50° de inclinación con origen en la cortical anterior de la fibula distal y salida en la cortical posterior proximal (Fig.19).



Figura 19. Brocado de túnel completo en la fibula.

Se introdujo la plastia en el hemitúnel del astrágalo y la fijamos con un implante *Swivelock* de 4,75 mm (*Arthrex, Naples, FL, EEUU*). El extremo opuesto se pasó a través del túnel fibular y se estabilizó con un tornillo de biotenodesis de 5,5 X 20 mm *BioComposite Tenodesis Screw*, (*Arthrex, Naples, FL, EEUU*) (Fig.20).



Figura 20. Introducción de la plastia en túnel talar y fijación con implante.

Durante la fijación, es importante mantener, el tobillo en una posición de ligera eversión (5-10°) y dorsiflexión neutra. Cada túnel, es recomendable, realizarlo 0,5 mm mayor que el diámetro de la plastia, para facilitar el paso de la misma (Fig. 21 y 22).



Figura 21. Resultado final de la técnica de reconstrucción anatómica con injerto.

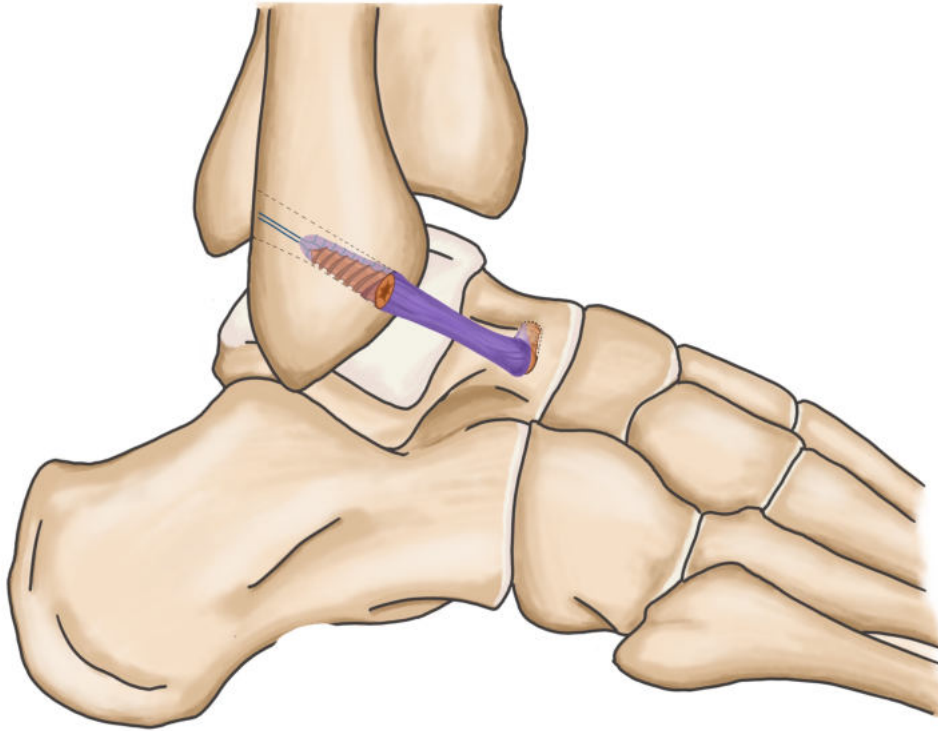


Figura 22. Esquema de la técnica de reconstrucción anatómica con injerto, fijada con tornillos de biotenodesis a través de túneles óseos. Imagen realizada por Dra. C. Ojeda Thies.

A continuación, se expone paso a paso con imágenes la técnica de reconstrucción anatómica con injerto tendinoso, procedente del músculo EHL en cadáver (Fig. 23)



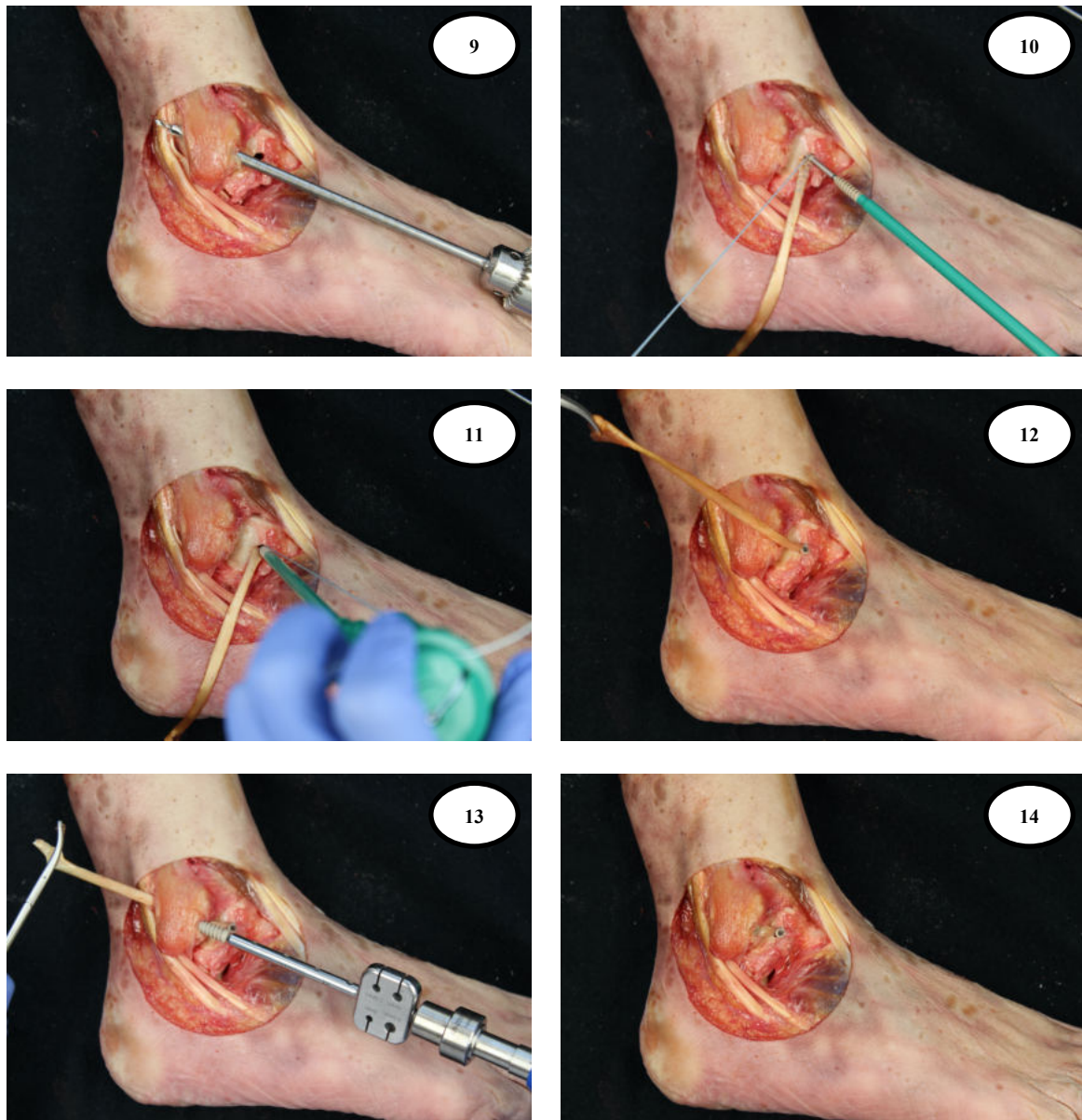


Figura 23. Paso a paso de la técnica de reconstrucción anatómica del LTFA con injerto (EHL).

3.4. Obtención de la información

3.4.1. Descripción del instrumento de medida

Hemos utilizado un artrómetro específicamente diseñado para medir desplazamientos angulares en los tres planos anatómicos (axial, coronal, y sagital) de un sensor localizado en el astrágalo^{66,103} (Fig. 24).

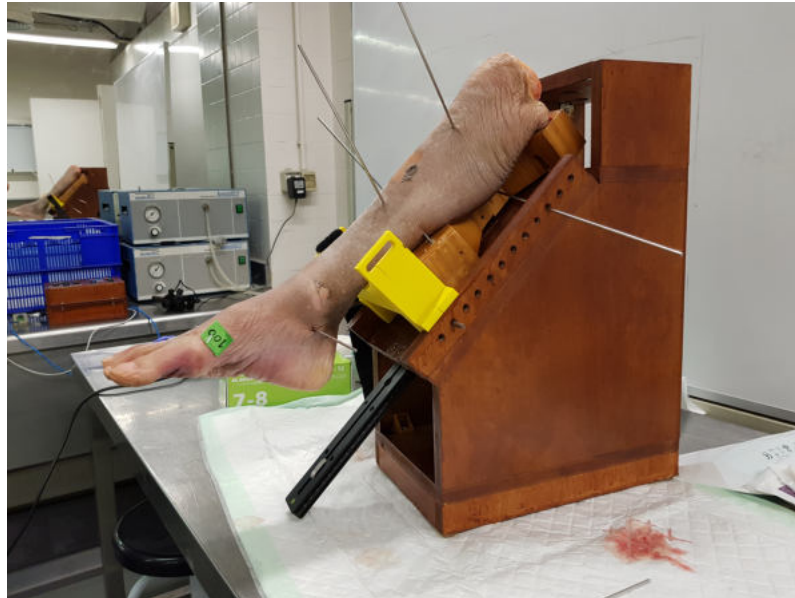


Figura 24. Soporte para tobillos cadavéricos.

Con respecto al sistema de medición, se utilizó un Mpu-6050 GY-521, una unidad de medición inercial (IMU) de 6 grados de libertad con un acelerómetro de tres ejes y un giroscopio de tres ejes, para medir ángulos. Fue necesario insertar dos agujas de Kirschner (3 mm de diámetro) en el cuello del astrágalo en dirección anteroposterior de su eje longitudinal para realizar una conexión rígida entre astrágalo y la IMU.

El sensor IMU estaba controlado por una placa Arduino Mega 2560, que se utilizó como microcontrolador. La calibración del sistema aseguró que los giroscopios miden los ángulos de rotación (precesión, nutación y rotación intrínseca) entre la posición inicial y la posición final después de cada paso del protocolo de prueba. De esta manera, fue posible hacer una evaluación correcta de la movilidad de articulación tibiotalar, sin interferencia de los movimientos del pie. Únicamente se midieron las rotaciones del astrágalo con respecto a los tres planos anatómicos (Fig. 25).

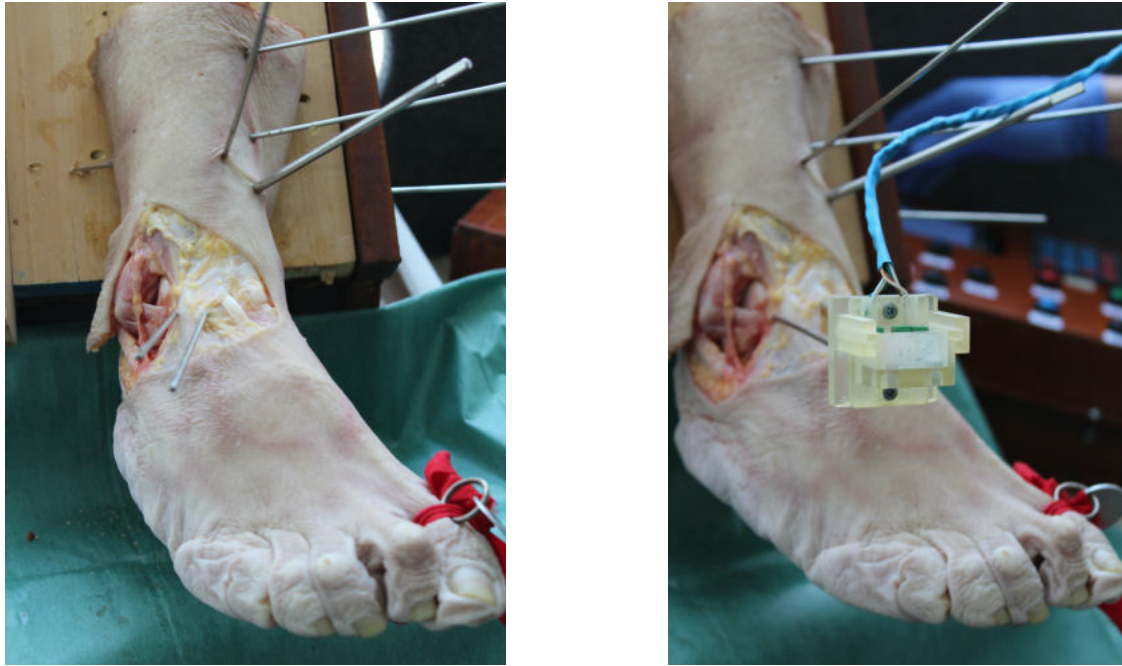


Figura 25. Detalle de la IMU en el astrágalo.

Un algoritmo de fusión de sensores hizo posible la adquisición e interpretación de los datos brutos recibidos de la IMU. El código de programación se basa en bibliotecas de código abierto disponibles en Internet, que realizan la inicialización, la calibración (incluidos los valores de compensación) y el filtrado de los valores del sensor. Este proceso garantiza valores más precisos de los ángulos relativos.

Un nuevo *software*, permitió obtener los valores angulares relativos a la diferencia entre la orientación inicial de los ejes fijos del tobillo y la orientación final originada por rotaciones extrínsecas. Este *software* permitió el análisis en tiempo real del desplazamiento angular del astrágalo en tres planos, simultáneamente, utilizando ángulos de Tait-Bryan (Fig. 26 y 27).

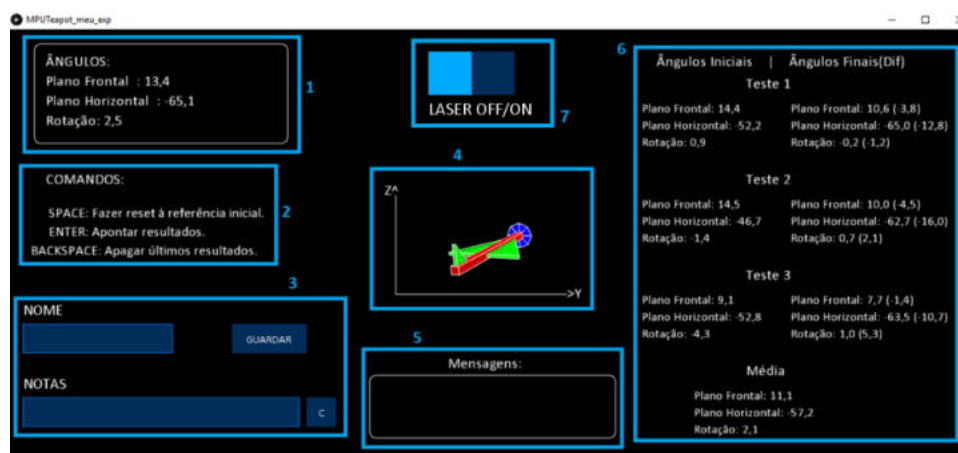


Figura 26. Interfaz de usuario de software. Captura de pantalla de la computadora durante la configuración experimental. Los giroscopios y acelerómetros se utilizan en la aviación comercial y funcionan como una brújula tridimensional, que muestra la posición del avión en relación con el suelo. Por esta razón, la figura en el centro de la pantalla, que representa la posición del pie, se muestra como un avión. En el cuadro superior izquierdo, "Ângulos" significa ángulos; "Plano Frontal" se refiere a la medición del plano coronal; "Plano horizontal" se refiere a la medición del plano sagital y "Rotação" se refiere al plano axial. (Imagen cedida por los Drs. Guerra-Pinto y Guimaraens).



Figura 27. Detalle de la de la computadora. Este software indica las tres mediciones de los ángulos (ANGLES) en los tres planos espaciales y en la porción inferior nos muestra la media (AVERAGE).

3.4.2. Protocolo de trabajo.

Inicialmente procedemos a levantar un colgajo de piel antero-lateral que nos permita visualizar el LCL y los tendones del *extensor digitorum longus* y *peroneus tertius*. Acto seguido, realizamos la disección e identificación del LTFA. Las estructuras ligamentosas que forman la sindesmosis y el complejo ligamentoso medial se mantienen intactas.

A continuación, la tibia fue rígidamente fijada a un soporte de madera específicamente diseñado para el proyecto, mediante 5 agujas de Kirschner en diferentes planos, hasta comprobar que es estable y asegurándonos que no existe movilidad entre ambos. Este soporte mantiene la pierna a 45° con el plano horizontal, dejando el complejo tobillo-pie libre en su posición de descanso natural, en una posición sin contacto, es decir leve flexión plantar e inversión. Otras dos agujas fueron insertadas en el cuello del astrágalo en dirección anteroposterior, siguiendo su eje longitudinal. Posteriormente la IMU se alineó y se fijó de manera colineal con el eje haciendo que tanto el astrágalo como la IMU estuvieran conectados rígidamente.

Definimos como estabilidad angular al desplazamiento angular del astrágalo tras la aplicación manual de las maniobras de cajón anterior (CA), pivote (P) y varo forzado (VF), habitualmente usadas en la práctica clínica para el diagnóstico de ILCT. Además, hemos empleado la novedosa maniobra de pivote, concepto introducido por Guerra y cols.⁶⁶ en 2018, ya que la rotura del LTFA se puede evaluar mejor con un vector rotacional debido a que el LCM intacto bloquea cualquier traslación anterior pura del astrágalo, objetivo de la maniobra de CA.

La fuerza es aplicada manualmente, siempre por el mismo investigador, respetando la realización de las maniobras en el mismo orden. Cada maniobra se repite tres veces y la computadora nos muestra la media de las tres. (Fig. 27). En ningún momento, se observó de manera macroscópica que se doblaran las agujas que sirven de conexión al sensor. La aplicación de las maniobras se realizó tal y cómo se explica a continuación.

- **Cajón anterior:** con una mano (dominante) se abraza la tuberosidad posterior del calcáneo, traccionando en dirección postero-anterior y con la otra (no dominante) se refuerza la fijación de la tibia en su tercio distal al soporte de madera, para asegurarnos de que no existe movimiento entre ambas⁶⁴ (Fig. 28).

- **Varo forzado:** Con la mano dominante abarcando el calcáneo y posicionando el pulgar en la cara lateral del astrágalo se realiza un movimiento de inversión (varo forzado). La mano contralateral realiza la sujeción de la tibia⁵⁶ (Fig. 29).
- **Maniobra de pivote:** Esta prueba consiste en realizar una rotación interna del astrágalo con el eje localizado en la región anteromedial talar donde se inserta el ligamento deltoideo con la mano dominante y dejando la contralateral para evitar el desplazamiento de la tibia⁶⁶ (Fig.30).

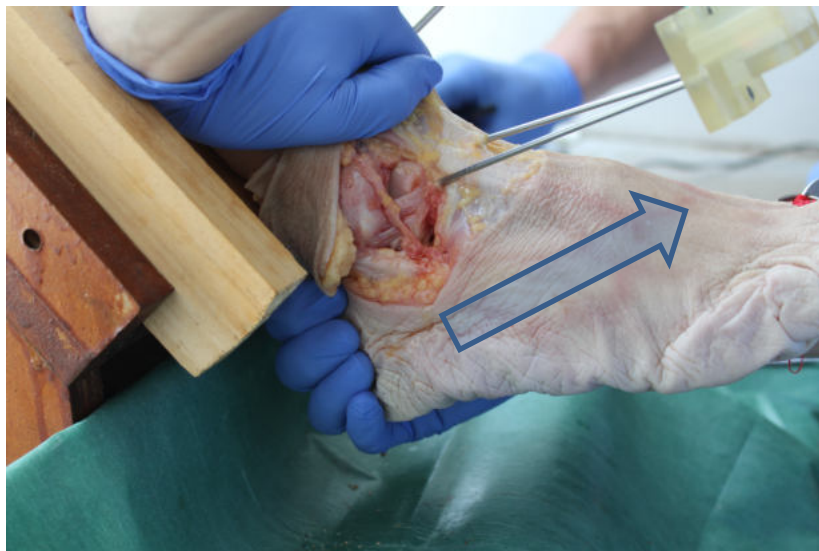


Figura 28. Maniobra de cajón anterior.



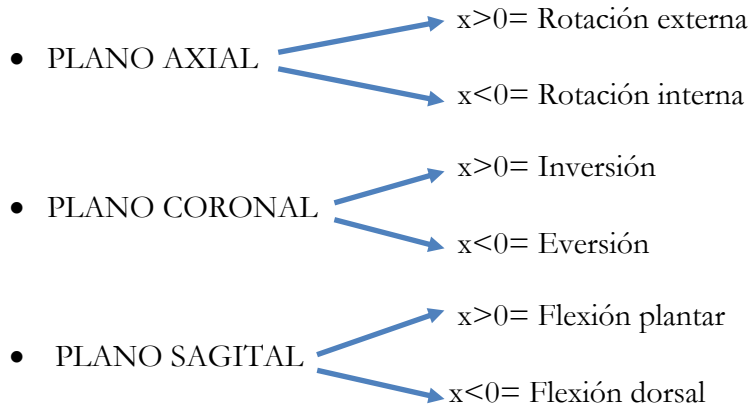
Figura 29. Maniobra de varo forzado.



Figura 30. Maniobra de pivote.

El sistema se calibró en los 3 planos manteniendo el tobillo en posición neutra (flexión plantar: 0 grados). La primera medida se realizó con el tobillo intacto después de dejar caer el pie a su posición de descanso natural. En el plano axial, definimos los valores positivos ($x > 0$) como movimiento de rotación externa y los valores negativos como rotación interna ($x < 0$). En plano coronal consideramos los valores positivos, como movimiento inversión y los valores negativos como eversión. Por último, en el plano sagital definimos los valores positivos como flexión

plantar y los valores negativos como flexión dorsal. Por lo tanto, tras la realización de cada maniobra obtenemos el desplazamiento angular descrito por el sensor localizado en el astrágalo, en cada uno de los planos anatómicos.



Nuestro objetivo es conocer la estabilidad angular en cuatro situaciones:

- LTFA sano.
- LTFA seccionado.
- Técnica de reparación anatómica directa del LTFA.
- Técnica de reconstrucción anatómica con injerto del LTFA.

Para ello, después de tener el espécimen fijado al soporte y el artrómetro calibrado, realizamos la siguiente secuencia de trabajo (Fig.31):

1. Inicialmente, con el **LCL intacto**, se realizaron las maniobras anteriormente mencionadas (CA, P, VF) y se registró el desplazamiento angular detectado por el artrómetro en los tres planos espaciales.

2. A continuación, **se seccionó el LTFA** y se repitieron las maniobras de exploración de estabilidad.
3. Posteriormente, se realizó la **técnica de reparación anatómica** mediante reinserción del resto ligamentoso con dos anclajes. Tras la técnica de reparación se sometió el tobillo a las tres maniobras de estabilidad y registramos los movimientos angulares.
4. Por último, se practicó la **reconstrucción anatómica con plastia tendinosa** procedente del mismo cadáver (tendón donante: EHL). Se realizaron las maniobras de CA, P y VF.

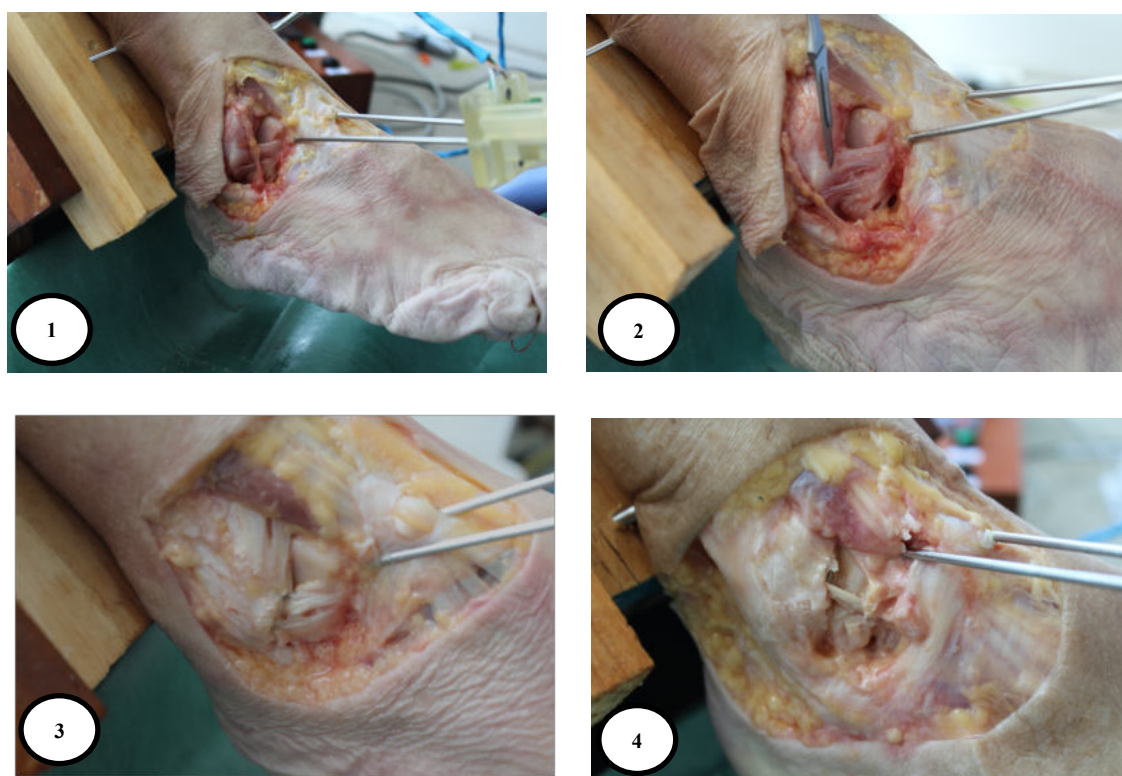


Figura 31. 1. LTFA íntegro; 2. Sección del LTFA; 3. Reparación directa del LTFA; 4. Reconstrucción anatómica del LTFA.

3.5. Descripción de las variables.

El concepto que vamos a estudiar es la estabilidad angular que está definida por el desplazamiento angular (medido en grados) del sensor localizado en el astrágalo en los tres planos anatómicos, tras las tres maniobras de estabilidad. Por lo tanto, analizaremos 9 variables numéricas continuas.

- Axial-CA
- Axial-P
- Axial-VF
- Coronal-CA
- Coronal-P
- Coronal-VF
- Sagital-CA
- Sagital-P
- Sagital-V

Las 9 variables definidas se estudiarán en las 4 situaciones mencionadas: LTFA íntegro (1); LTFA seccionado (2); reparación LTFA con dos anclajes (3); reconstrucción del LTFA con plastia tendinosa.

3.6. Manejo y análisis de los datos.

El proceso de manejo de la información se realizó de forma automatizada mediante el uso de ordenadores bajo plataforma Windows. La información se recogió en una base de datos realizada en tabla de Excel 2020 versión 16.37.

Tras la finalización de la introducción de los datos, la tabla fue depurada para corregir errores de recogida o introducción de los datos. Los errores básicos fueron la confusión en campos, introducción de campos no correspondientes al campo y campos en blanco. Los datos obtenidos se exportaron al programa SPSS IBM. Versión X (SPSS Inc, Chicago, IL, USA) con el que se realizó el análisis estadístico.

3.6.1. Análisis estadístico.

Estadística descriptiva

La estabilidad angular definida por 9 variables numéricas continuas, se expone como estadística descriptiva expresada como media y desviación estándar; mediana y rango intercuartílico.

Contraste de hipótesis

Todos los análisis estadísticos se realizaron con IBM SPSS versión 24.0 (SPSS Inc, Chicago, Illinois). Para comparar variables cuantitativas se utilizaron contrastes para muestras relacionadas usando el test no paramétrico de Wilcoxon. Se consideró un valor de p significativo cuando era igual o inferior a 0,05.

Las comparaciones realizadas fueron las siguientes:

1. Comparación de la estabilidad angular del LTFA íntegro frente a la del LTFA seccionado.
2. Comparación de la estabilidad angular LTFA íntegro frente a la de la reparación directa del LTFA.
3. Comparación de la estabilidad angular del LTFA intacto frente a la de la reconstrucción anatómica con plastia del LTFA.
4. Comparación de la estabilidad angular de la reparación anatómica directa del LTFA frente a la de la reconstrucción anatómica con injerto del LTFA.

RESULTADOS

4. Resultados

En este capítulo se presentan los hallazgos obtenidos en el desarrollo del estudio, organizados según el tipo de análisis realizado.

4. 1. Análisis descriptivo

4.1.1 Estudio anatómico de los fascículos del LTFA.

Respecto al estudio anatómico, existe claro predominio de la presencia de LTFA bifascicular frente a monofascicular, sin encontrar ningún caso trifascicular (Tabla 2).

FASCICULOS	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia acumulada	Porcentaje acumulado
1	3	16,67	3	16,67
2	15	83,33	18	100,00

Tabla 2. Número de fascículos del LTFA

4.1.2. Estabilidad angular del LTFA íntegro.

LTFA ÍNTEGRO	PLANO	MANIOBRA	MEDIA (DE)	MEDIANA (RIC)
	Axial	CA	2,13 (3,94)	0,60 (0,10; 4,60)
		P	-2,52 (1,81)	-2,10 (-3,80; -1,10)
		VF	-0,12 (1,90)	-0,30 (-1,30; 0,90)
	Coronal	CA	- 0,92 (2,74)	-1,35 (-2,10; 0,80)
		P	-0,22 (3,07)	-0,40 (-1,80; 0,80)
		VF	2,09 (2,12)	1,95 (0,90; 3,10)
	Sagital	CA	-7,47 (5,58)	-5,40 (-11,30; -3,10)
		P	-2,42 (2,77)	-1,70 (-3,00; -0,70)
		VF	-0,62 (2,00)	-0,35 (-1,80; 1,30)

Tabla 3. Estadística descriptiva del desplazamiento angular del sensor localizado en el astrágalo con el LTFA íntegro, tras la aplicación de las tres maniobras de estabilidad. (DE: desviación estándar, RIC: rango intercuartílico)

Con el LTFA íntegro, tras la maniobra de CA el astrágalo realizó un movimiento angular medio de 2,13° (3,94°) de rotación externa, 0,92° (2,74°) de eversión y 7,47° (5,58°) de flexión plantar. Con la prueba de pivot: el desplazamiento angular medio fue 2,52 (1,81°) de rotación interna, 0,73°(1,58°) eversión y 2,42°(2,77°) de flexión dorsal. Tras la aplicación de VF, el movimiento medio registrado fue 0,12° (1,90°) de rotación interna, 2,09°(2,12°) de inversión y 0,62°(2,00°) de flexión dorsal.

4.1.3. Estabilidad angular de LTFA seccionado.

LTFA SECCIONADO	PLANO	MANIOBRA	MEDIA (SD)	MEDIANA (IQR)
	Axial	CA	0,19 (2,2)	0,25 (-1,60; 1,70)
		P	-5,02 (3,75)	-4,75 (-7,00; -1,80)
		VF	-1,90 (2,19)	-1,30 (-2,70; -0,40)
	Coronal	CA	-1,12 (3,16)	-0,65 (-2,70; 1,70)
		P	-0,22 (3,07)	-0,40 (-1,80; 0,80)
		VF	4,06 (4,31)	4,30 (1,90; 6,50)
	Sagital	CA	-5,84 (7,34)	-5,15 (-10,20; -3,10)
		P	-1,94 (2,34)	-1,65 (-3,00; -0,80)
		VF	-0,44 (1,34)	-0,65 (-1,60; 0,70)

Tabla 4. Estadística descriptiva del desplazamiento angular del sensor localizado en el astrágalo con el LTFA seccionado, tras la aplicación de las tres maniobras de estabilidad. (DE: desviación estándar, RIC: rango intercuartílico)

En contraste con el LTFA seccionado, tras la maniobra de CA el astrágalo realizó un movimiento medio de 0,19° (2,32°) de rotación externa, 1,12° (3,16°) de inversión y 5,84° (7,34°) de flexión dorsal. Con el P, se registraron 5,02° (3,75°) de rotación interna, 0,22° (3,07°) de eversion y 1,94° (2,34°) de flexión dorsal. Tras la maniobra de VF, el movimiento medio registrado fue de 1,90° (2,19°) de rotación interna, 4,06° (4,31°) de inversión y 0,44° (1,34°) de flexión dorsal.

4.1.4. Estabilidad angular de la reparación directa del LTFA.

	PLANO	MANIOBRA	MEDIA (DE)	MEDIANA (RIC)
REPARACIÓN LTFA	Axial	CA	1,63(2,56)	1,30 (0,30; 2,70)
		P	-3,73 (2,10)	-3,55 (-5,30; -1,70)
		VF	-0,79 (1,94)	-0,90 (-1,90; 0,10)
	Coronal	CA	-0,79 (2,69)	-1,05 (-1,90; 0,90)
		P	-0,57 (1,89)	-0,30 (-1,60; 0,60)
		VF	2,80 (3,26)	3,00 (1,00; 4,50)
	Sagital	CA	-7,79 (6,29)	-6,95 (-11,80; -3,30)
		P	-1,51 (1,55)	-1,15 (-2,30; -0,50)
		VF	-0,53 (1,56)	-0,65 (-1,30; 0,60)

Tabla 5. Estadística descriptiva del desplazamiento angular del sensor localizado en el astrágalo, tras la reparación directa con dos anclajes del LTFA, tras la aplicación de las tres maniobras de estabilidad. (DE: desviación estándar, RIC: rango intercuartílico)

La estabilidad angular registrada tras la técnica de reparación directa con dos anclajes se detalla a continuación. Tras la maniobra de CA el astrágalo realizó un movimiento angular medio de 1,63° (2,56°) de rotación externa, 0,79°(2,69°) de eversión y 7,79° (6,29°) de flexión dorsal. Con el P el desplazamiento angular medio fue 3,73(2,10°) de rotación interna, 0,57(1,89°) de eversión y 1,51°(1,55°) de flexión dorsal. Tras la aplicación de VF, el movimiento medio registrado fue 0,79°(1,94°) de rotación interna, 2,80°(3,26°) de inversión y 0,53°(1,56°) de flexión dorsal.

4.1.5. Estabilidad angular de la reconstrucción anatómica del LTFA.

PLANO		MANIOBRA	MEDIA (DE)	MEDIANA (RIC)
RECONSTRUCCIÓN LTFA	Axial	CA	1,60 (3,78)	1,05 (-0,30; 4,80)
		P	-3,02 (2,12)	-2,40 (-4,80; -1,40)
		VF	-0,29 (2,03)	-0,40 (-1,10; 0,90)
	Coronal	CA	-0,83 (3,34)	-0,70 (-1,80; 0,40)
		P	-0,52 (1,56)	-0,60 (-1,20; 0,10)
		VF	2,29 (2,95)	2,75 (1,00; 4,00)
	Sagital	CA	-7,79 (6,52)	-7,55 (-11,30; -3,10)
		P	-1,53 (1,62)	-1,20 (-2,90; -0,40)
		VF	-0,77 (1,46)	-0,60 (-1,40; 0,40)

Tabla 6. Estadística descriptiva del desplazamiento angular del sensor localizado en el astrágalo tras la reconstrucción con injerto del LTFA, tras la aplicación de las tres maniobras de estabilidad. (DE: desviación estándar, RIC: rango intercuartílico)

La estabilidad angular que produce la técnica de reconstrucción anatómica, tras la maniobra de CA el astrágalo realiza un movimiento angular medio de 1,60° (3,78°) de rotación externa; 0,83°(3,34°)de eversión y 7,79°(6,52 °) de flexión plantar. Con el P se registran 3,02 (2,12°) de rotación interna, 0,52° (1,56°) de eversión y 1.53° (1,62°) de flexión dorsal. Tras la aplicación de VF; el movimiento medio registrado es 0,29° (2,03°) de rotación interna; 2.29°(2,95°) de inversión y 0,767° (1,46°) de flexión dorsal.

4.2. Análisis comparativo

4.2.1. Estabilidad angular del LTFA íntegro VS LTFA seccionado

La primera comparación que realizamos es el comportamiento biomecánico del LTFA íntegro frente al del LTFA seccionado tras la aplicación de las maniobras de CA, P y VF, obteniendo los resultados mostrados en la Tabla 7. Existen diferencias estadísticamente significativas entre el ligamento sano y el ligamento seccionado con el CA ($p = 0,012$), con el P ($p = 0,001$) y con el VF ($p = 0,013$) en el plano axial y con el VF en el plano coronal ($p=0,016$).

PLANO	MANIOBRA	LTFA ÍNTEGRO	LTFA SECCIONADO	Z	p
AXIAL	CA	2,13 (3,94)	0,19 (2,32)	-2,509	0,012
	P	-2,52 (1,81)	-5,02 (3,75)	-3,456	0,001
	VF	-0,12 (1,90)	-1,90 (2,19)	-2,483	0,013
CORONAL	CA	-0,92 (2,74)	-1,12 (3,16)	-0,567	0,571
	P	-5,02 (3,75)	-0,22 (3,07)	-0,022	0,983
	VF	-1,90 (2,19)	4,06 (4,31)	-2,417	0,016
SAGITAL	CA	-7,47 (5,58)	-5,84 (7,34)	-0,047	0,962
	P	-2,42 (2,77)	-1,94 (2,34)	-0,915	0,360
	VF	-0,62 (2,00)	-0,44 (1,34)	-0,218	0,827

Tabla 7. Comparación entre el desplazamiento angular del astrágalo con el LTFA íntegro frente al LTFA seccionado tras la aplicación de las tres maniobras de estabilidad, en los tres planos anatómicos.

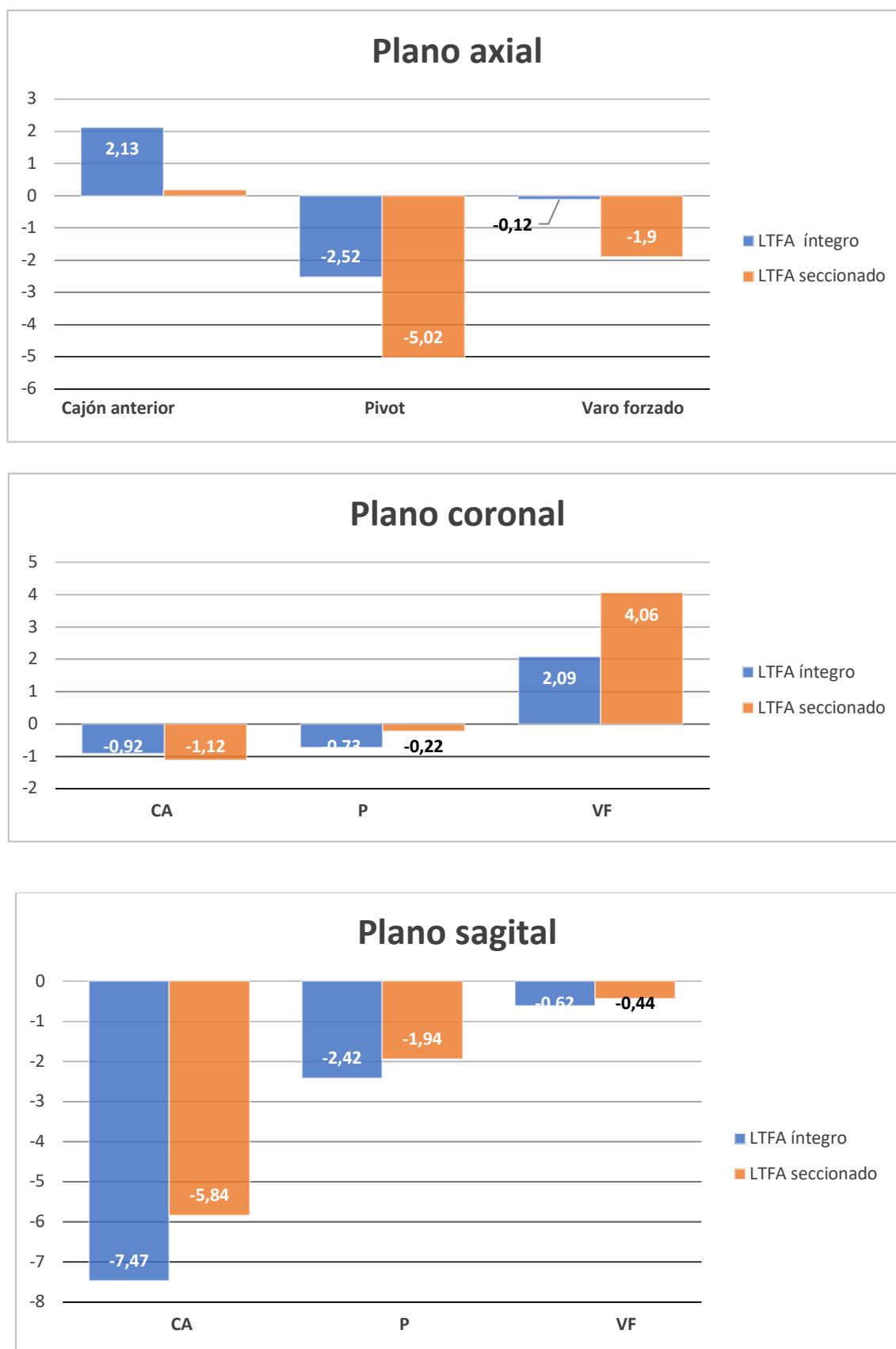


Figura 32. Gráfico de barras comparación de la estabilidad angular del LTFA íntegro VS LTFA seccionado

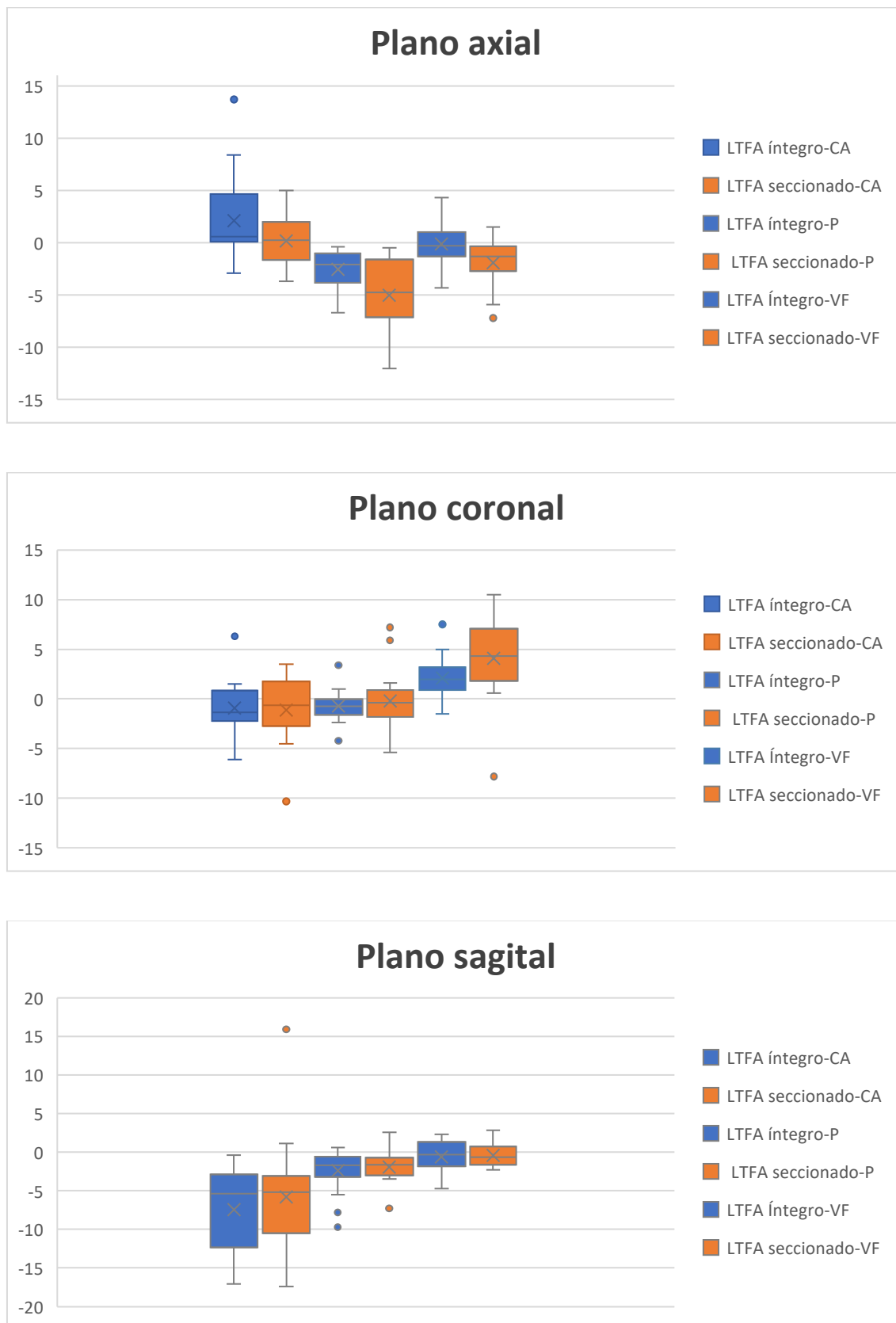


Figura 33. Gráficos de cajas y bigotes. Comparación estabilidad angular LTFA íntegro VS LTFA seccionado.

4.2.2. Estabilidad angular del LTFA íntegro VS estabilidad angular de reparación del LTFA.

Si comparamos el LTFA sano frente a la reparación anatómica directa sólo existen diferencias estadísticamente significativas con la maniobra P en el plano axial ($p = 0,009$)

PLANO	MANIOBRA	LTFA ÍNTEGRO	REPARACIÓN LTFA	Z	p
AXIAL	CA	2,13 (3,94)	1,63 (2,56)	-0,174	0,862
	P	-2,52 (1,81)	-3,73 (2,10)	-2,629	0,009
	VF	-0,12 (1,90)	-0,79 (1,94)	-1,417	0,156
CORONAL	CA	-0,92 (2,74)	-0,79 (2,69)	-0,129	0,897
	P	-5,02 (3,75)	-0,57 (1,89)	-0,545	0,586
	VF	-1,90 (2,19)	2,80 (3,26)	-1,658	0,097
SAGITAL	CA	-7,47 (5,58)	-7,79 (6,29)	-0,853	0,394
	P	-2,42 (2,77)	-1,51 (1,55)	-1,635	0,102
	VF	-0,62 (2,00)	-0,53 (1,56)	-0,240	0,810

Tabla 8. Comparación entre el desplazamiento angular del astrágalo con el LTFA íntegro frente la reparación del LTFA tras la aplicación de las tres maniobras de estabilidad, en los tres planos anatómicos.

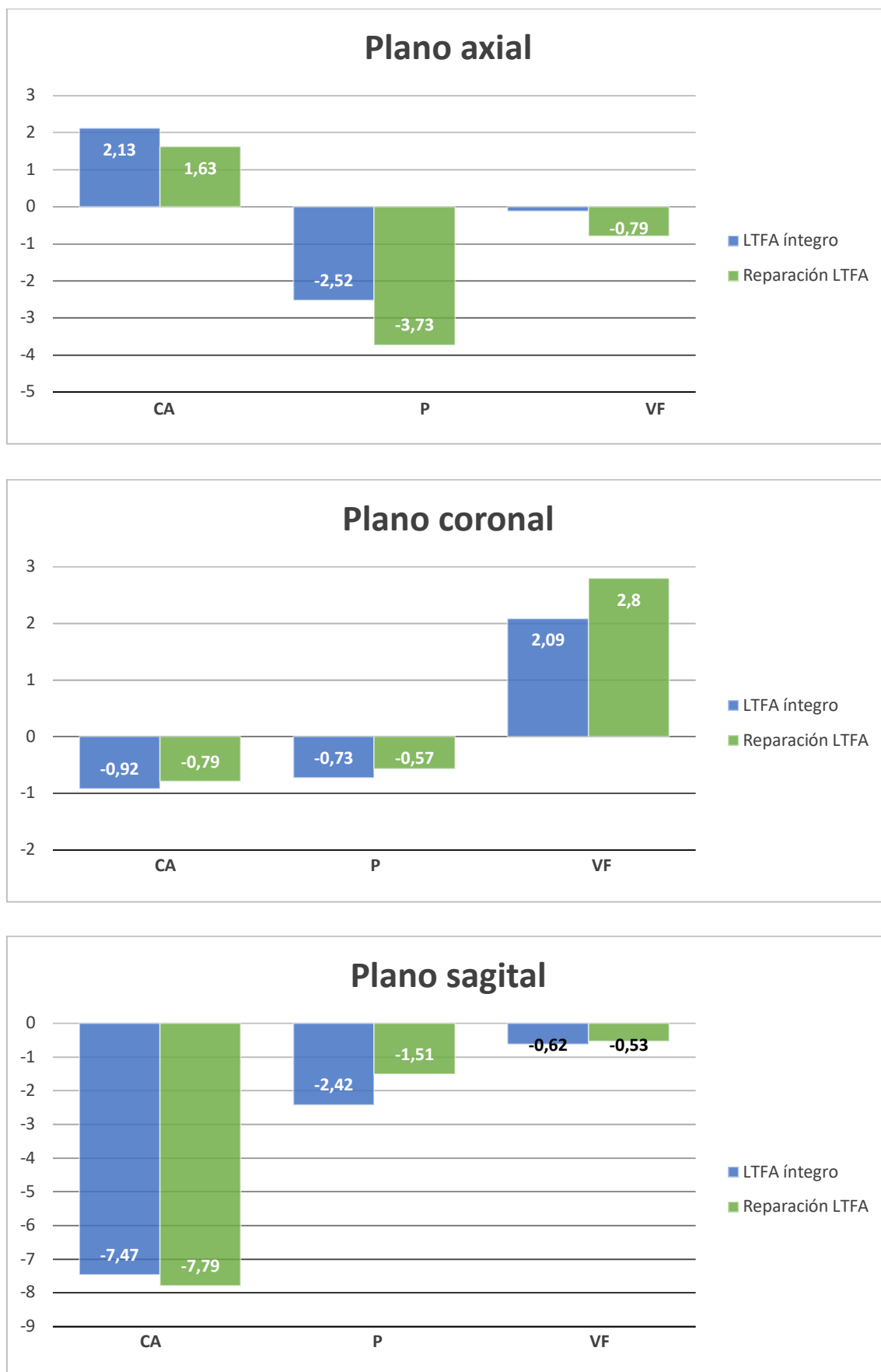


Figura 34. Gráfico de barras comparación de estabilidad angular del LTFA íntegro VS reparación del LTFA

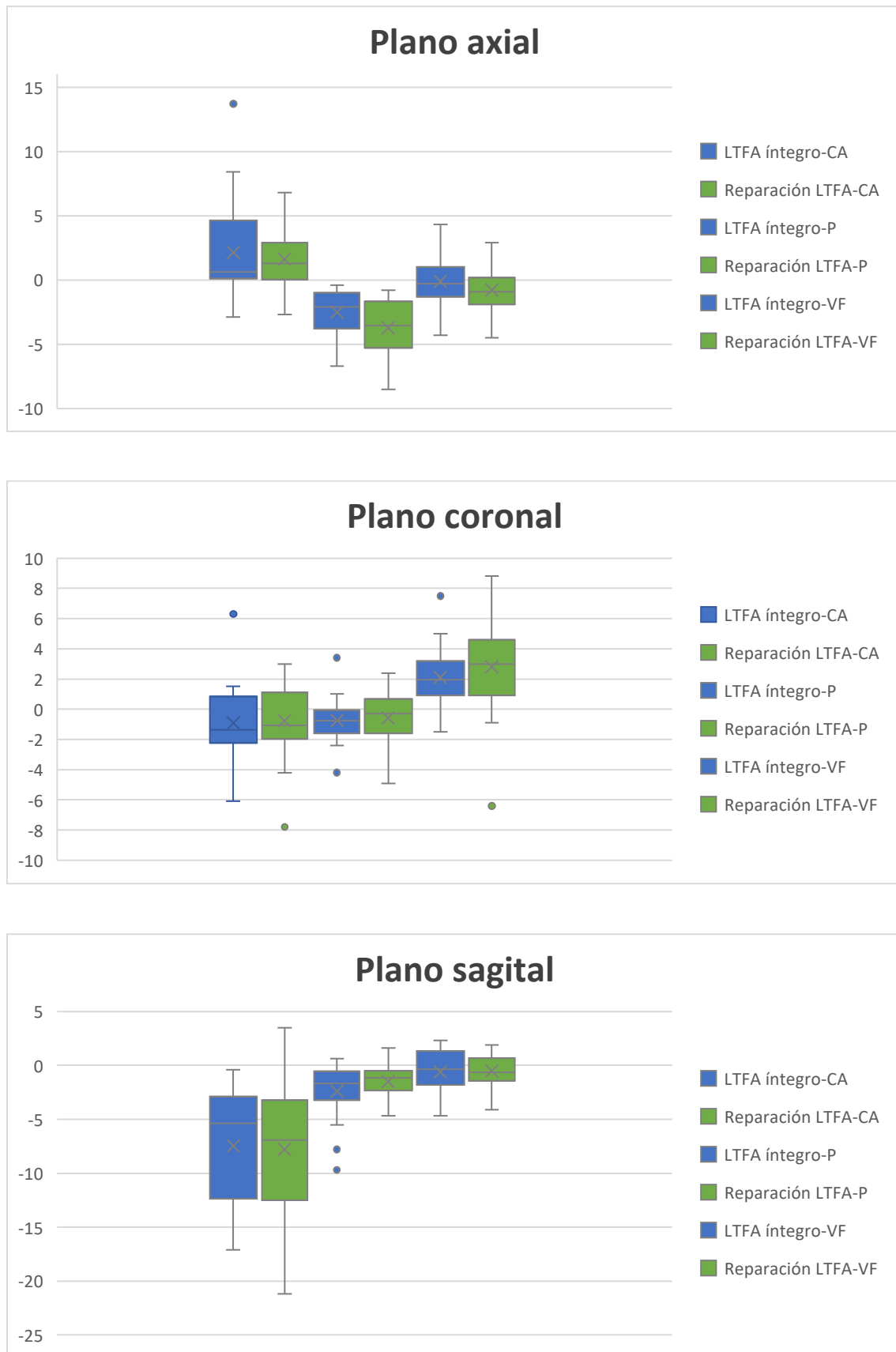


Figura 35. Gráficos de cajas y bigotes. Comparación estabilidad angular LTFA íntegro VS reparación LTFA

4.2.3. Estabilidad angular del LTFA íntegro VS reconstrucción anatómica LTFA.

Si comparamos el LTFA sano frente a la reconstrucción anatómica con plastia, no encontramos diferencias estadísticamente significativas con ninguna de las maniobras

PLANO	MANIOBRA	LTFA ÍNTEGRO	RECONSTR. LTFA	Z	p
AXIAL	CA	2,13 (3,94)	1,60 (3,78)	-0,391	0,695
	P	-2,52 (1,81)	-3,02 (2,12)	-1,469	0,142
	VF	-0,12 (1,90)	-0,29 (2,03)	-0,052	0,959
CORONAL	CA	-0,92 (2,74)	-0,83 (3,34)	-0,240	0,811
	P	-5,02 (3,75)	-0,52 (1,56)	-0,450	0,653
	VF	-1,90 (2,19)	2,29 (2,95)	-0,719	0,472
SAGITAL	CA	-7,47 (5,58)	-7,79 (6,52)	-0,893	0,372
	P	-2,42 (2,77)	-1,53(1,62)	-0,710	0,477
	VF	-0,62 (2,00)	-0,77 (1,46)	-0,741	0,459

Tabla 9. Comparación entre el desplazamiento angular del astrágalo con el LTFA íntegro frente a la reconstrucción con injerto del LTFA tras la aplicación de las tres maniobras de estabilidad, en los tres planos anatómicos.

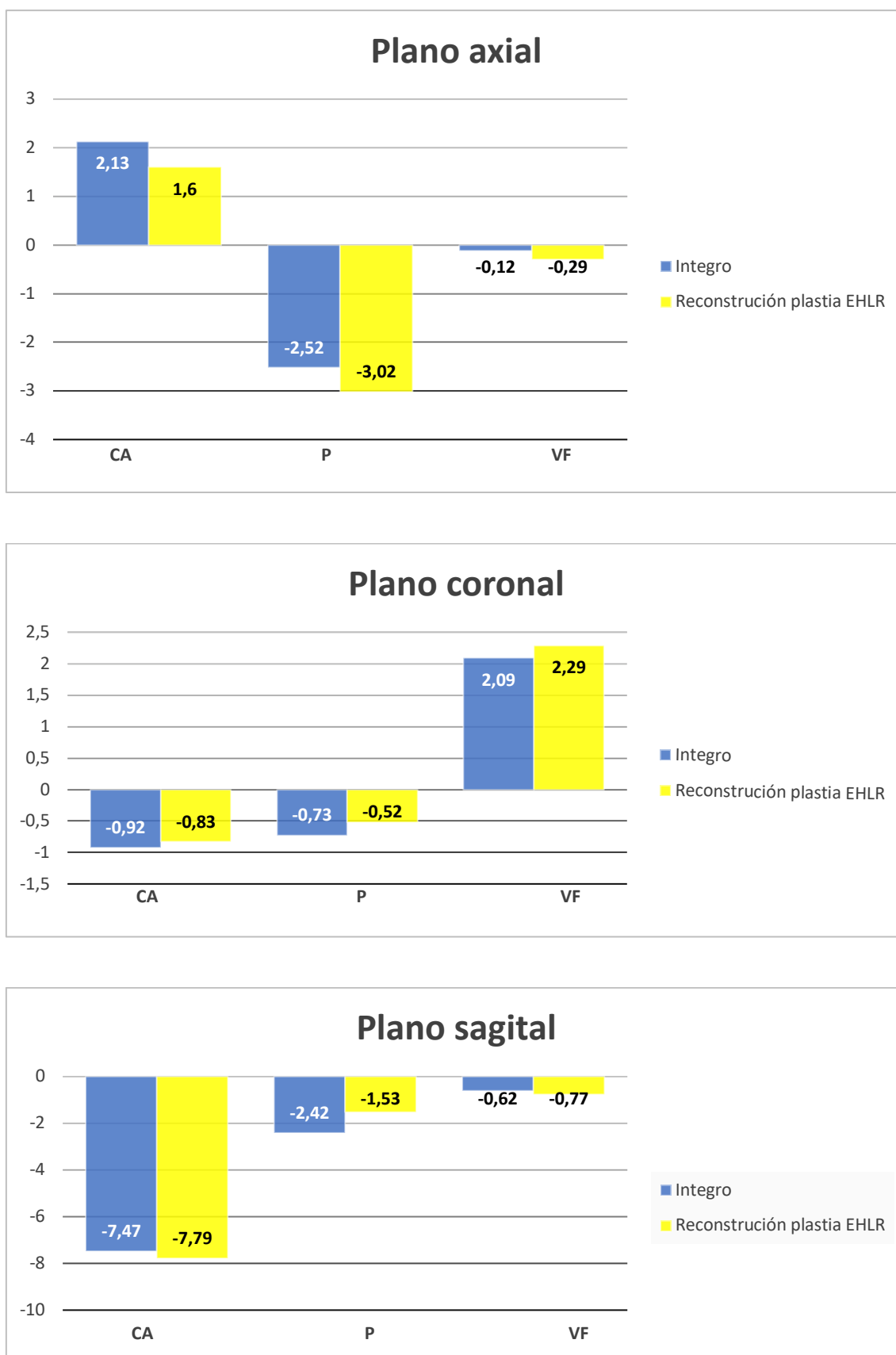


Figura 36. Gráfico de barras comparación de la estabilidad angular del LTFA íntegro VS reconstrucción LTFA

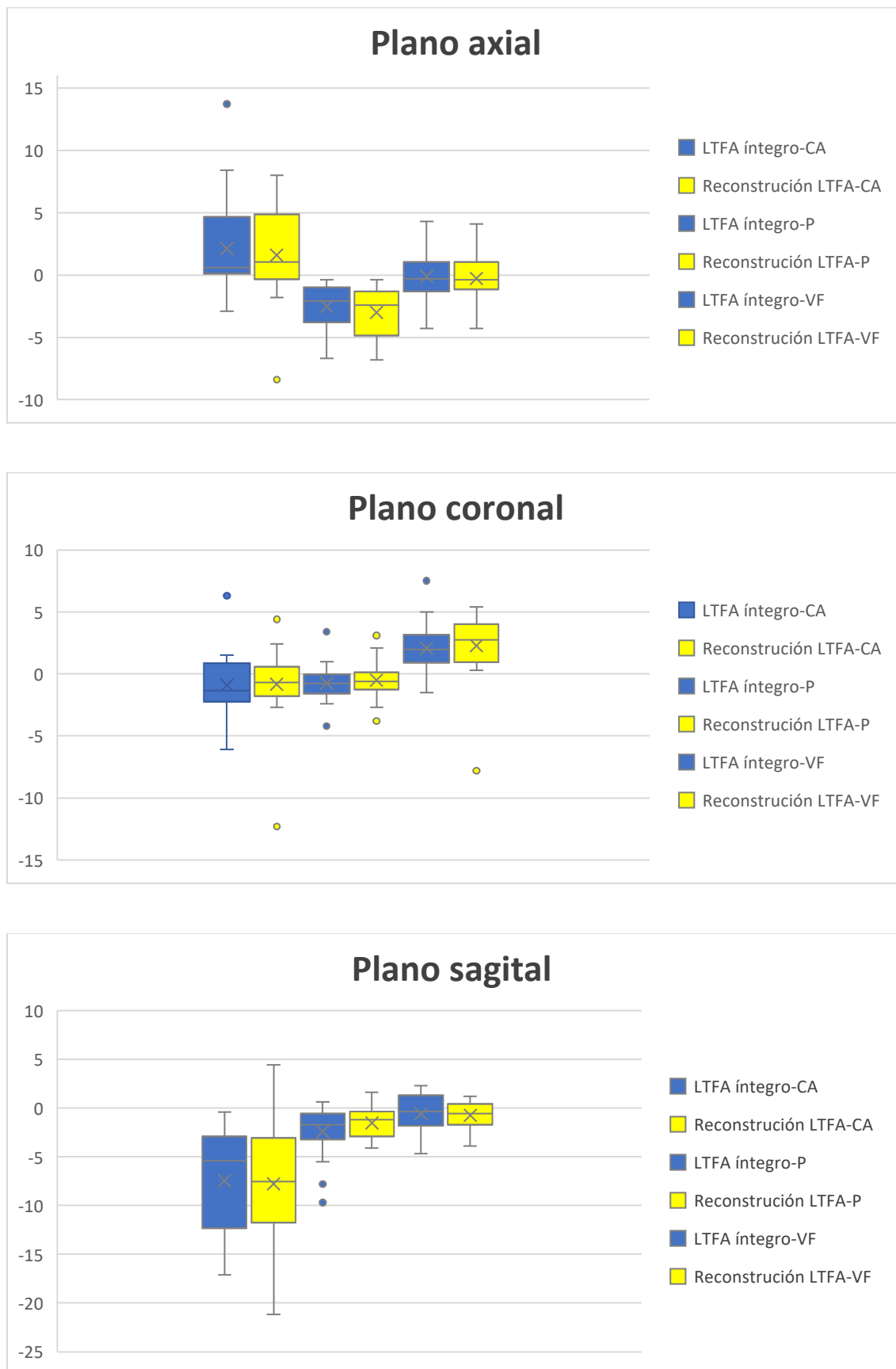


Figura 37. Gráficos de cajas y bigotes. Comparación estabilidad angular LTFA íntegro VS reconstrucción LTFA

4.2.4. Estabilidad angular de reconstrucción del LTFA VS reparación de LTFA.

Por último, no encontramos diferencias estadísticamente significativas entre la estabilidad angular producida por la reparación anatómica directa con dos anclajes del LTFA y la generada por la reconstrucción anatómica con injerto del LTFA.

PLANO	MANIOBRA	RECONSTR. LTFA	REPARACIÓN LTFA	Z	p
AXIAL	CA	1,60 (3,78)	1,63 (2,56)	-0,109	0,913
	P	-3,02 (2,12)	-3,73 (2,10)	-0,303	0,192
	VF	-0,29 (2,03)	-0,79 (1,94)	-1,539	0,124
CORONAL	CA	-0,83 (3,34)	-0,79 (2,69)	-0,568	0,570
	P	-0,52 (1,56)	-0,57 (1,89)	-0,152	0,879
	VF	2,29 (2,95)	2,80 (3,26)	-1,319	0,187
SAGITAL	CA	-7,79 (6,52)	-7,79 (6,29)	0,000	1,000
	P	-1,53(1,62)	-1,51 (1,55)	-0,044	0,965
	VF	-0,77 (1,46)	-0,53 (1,56)	-0,805	0,421

Tabla 10. Comparación entre el desplazamiento angular del astrágalo con el LTFA intacto frente al LTFA seccionado tras la aplicación de las tres maniobras de estabilidad, en los tres planos anatómicos.

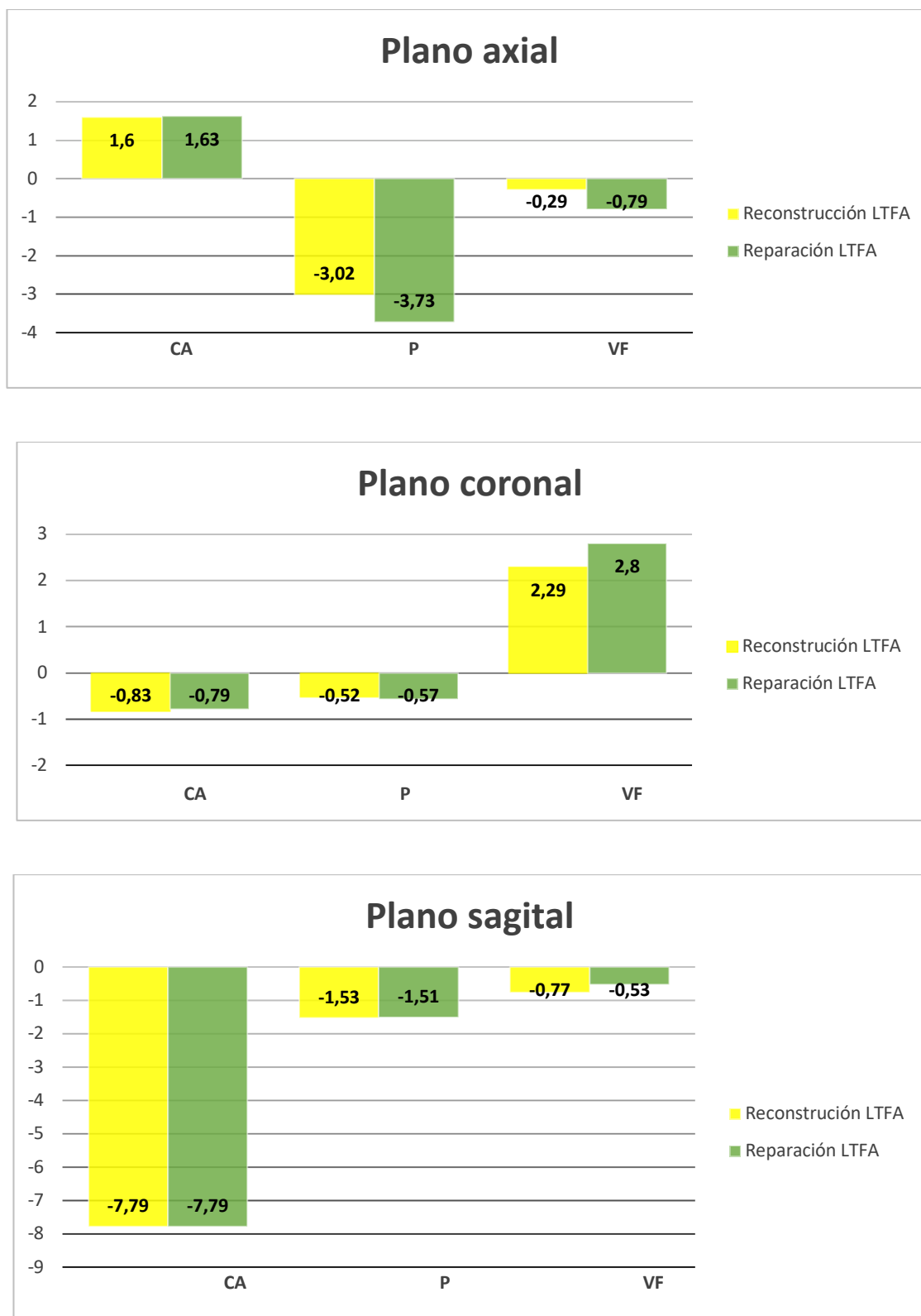


Figura 38. Gráfico de barras comparación de la estabilidad angular del LTFA íntegro VS reconstrucción LTFA

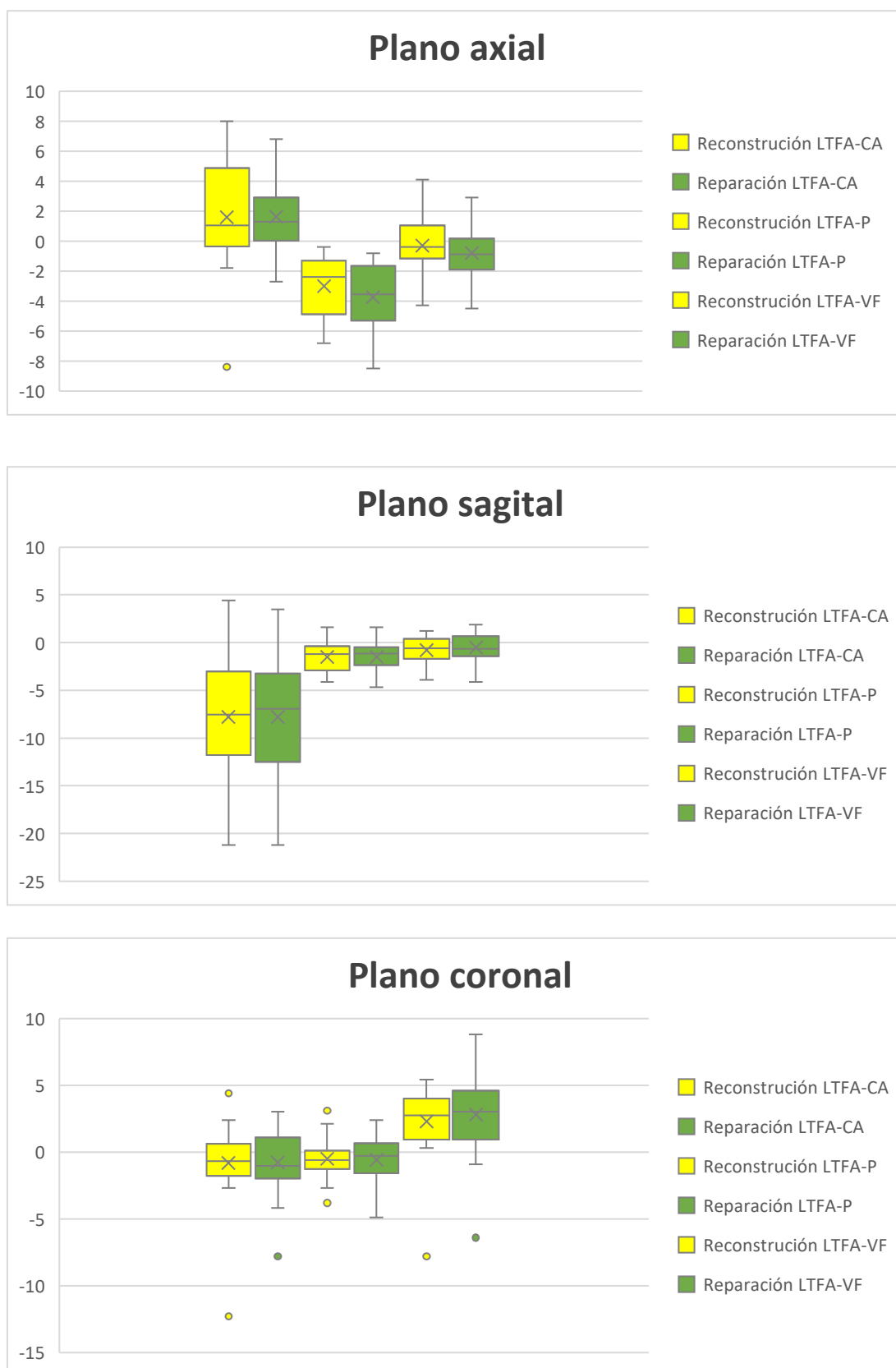


Figura 39. Gráficos de cajas y bigotes. Comparación estabilidad angular reconstrucción LTFA VS reparación LTFA.

DISCUSIÓN

5. Discusión

El esguince es la lesión más frecuente del tobillo, siendo el 80% de las lesiones de esta articulación. La inestabilidad lateral crónica de tobillo tras esguince agudo presenta una incidencia entre el 10-50% según las series publicadas^{44,51-55,104}. Si pasados 6 meses de tratamiento rehabilitador adecuado (ejercicios de balance articular, fortalecimiento de la musculatura peronea y entrenamiento propioceptivo) continúa la sintomatología propia de la ILCT, sería recomendable el tratamiento quirúrgico. La ILCT puede causar LOC en la cúpula talar y como consecuencia de las mismas ocasionar artrosis de tobillo. A lo largo del tiempo se han desarrollado diferentes técnicas quirúrgicas que pueden dividirse en dos grandes grupos: técnicas de reparación y técnicas de reconstrucción. El tratamiento quirúrgico de la ILCT es un tema de continuo debate para los cirujanos ortopédicos de pie y tobillo, por las numerosas controversias que existen al respecto.

a. Finalidad del tratamiento quirúrgico de la ILCT.

El primer tema de controversia es por qué está indicado el tratamiento quirúrgico de la ILCT. La finalidad del tratamiento quirúrgico es doble: a corto plazo, abordar la sintomatología propia de ILCT que impide al paciente desarrollar su actividad deportiva e incluso llevar a cabo actividades de la vida diaria⁵⁷ y a largo plazo restaurar la biomecánica original del complejo peritalar, para teóricamente prevenir el desarrollo de LOC que puedan conducir a cambios degenerativos en la articulación del tobillo.

Los resultados de la presente tesis doctoral muestran que tanto la técnica de reparación directa, como la técnica de reconstrucción anatómica del LTFA reproducen la estabilidad angular que presenta el LTFA intacto en un modelo cadavérico en el momento cero. Sin embargo, si

comparamos el LTFA intacto frente al ligamento seccionado con la maniobra de CA existen diferencias estadísticamente significativas en el plano axial ($p = 0,012$). Con la maniobra de VF existen diferencias estadísticamente significativas en el plano axial y coronal ($p=0,013$; $p=0,016$) y con la maniobra P en el plano axial ($p= 0,016$). Este exceso de laxitud patológica del astrágalo, fruto de la deficiencia ligamentosa seguramente se corresponde con el desarrollo de LOC de astrágalo, como ya han corroborado algunos autores con estudios *in vivo* e *in vitro* ¹⁰⁵⁻¹⁰⁷.

La ILCT se asocia con un aumento del pico de tensión en el cartílago *in vivo* ¹⁰⁵ y un cambio en la presión de contacto en la región articular medial del tobillo con déficit ligamentoso *in vitro* ¹⁰⁶. Teniendo en cuenta esta biomecánica alterada, hay una alta tasa de patología intraarticular asociada en la ILCT, informada hasta en el 93% de los pacientes ^{104,108,109}. Los factores de riesgo asociados para el desarrollo de LOC incluyen: mayor edad, aumento del ángulo de inclinación talar e inclinación en varo del plafón tibial¹⁰⁹.

La incidencia de LOC en la cúpula talar en pacientes con ILCT reportado por Bosien y cols. ¹¹⁰ en 1955 fue del 6,5%, pero investigadores posteriores han encontrado una tasa mucho más alta. Taga y cols. ¹¹¹ en su trabajo sobre 9 pacientes con lesiones agudas y 22 pacientes con lesiones crónicas de tobillo, hallan LOC tras cirugía artroscópica en el 89% y 95% de los pacientes respectivamente. Van Dijk y cols.¹⁰⁴ encontraron que dos tercios de pacientes con inestabilidad crónica de tobillo tenían lesiones articulares. La mayoría se localizaron en el aspecto medial del tobillo, y plantearon la hipótesis de que se produjo un choque entre el maléolo medial y la faceta medial del astrágalo durante el esguince de tobillo. Posteriormente, Komenda y Ferkel ¹⁰⁸ analizaron artroscópicamente a 54 pacientes con ILCT y encontraron un 25% LOC, mientras que 51 (94,44%) tobillos tenían patología intraarticular.

Hintermann y cols. ⁴⁶, en un estudio realizado en 148 pacientes con inestabilidad crónica de tobillo después de uno o más esguinces hallaron mediante cirugía artroscópica que el 66% de

los pacientes con inestabilidad lateral tenían LOC, frente al 98% de los pacientes con inestabilidad medial. En cualquier caso, la inestabilidad crónica causa una movilidad y rotación patológica del astrágalo dentro de la mortaja, que puede dar lugar a un daño repetitivo a la capa superficial del cartílago del tobillo, que se cree que juega un papel relevante en la resistencia al desarrollo de artrosis¹⁰⁷.

Los trastornos concomitantes incluyen, además de las LOC, pinzamiento óseo y de partes blandas, cuerpos libres, tenosinovitis de los peroneos y rotura del peroneo corto¹¹². Por ello se recomienda realizar rutinariamente artroscopia de tobillo en todo paciente con ILCT, debido a la alta tasa de lesiones intraarticulares en esta población de pacientes¹¹³.

Otra patología comúnmente asociada con ILCT es la inestabilidad de la articulación subtalar, que ocurre en aproximadamente en el 10% al 30% de los pacientes que tienen ILCT¹¹⁴. La articulación subtalar tiene un enorme soporte ligamentoso procedente del ligamento talocalcáneo interóseo, ligamento cervical, fascículo tibioalcaneo del ligamento deltoideo, LCF y la raíz lateral del REI^{40,114,115}. Aunque la lesión del LTFA y del LCF compromete principalmente la estabilidad de la articulación talocrural⁴⁰, una lesión del LCF también puede presentarse como inestabilidad subtalar. Como resultado, ILCT e inestabilidad subtalar se presentan de manera muy similar ya que los pacientes suelen quejarse de que su tobillo "cede" en el contexto de recurrentes esguinces¹¹⁴.

La articulación del tobillo tiene baja incidencia de artrosis, si la comparamos con la cadera y la rodilla, sin embargo, ocurre en pacientes más jóvenes. Además es importante tener en cuenta, que a diferencia de otras localizaciones de artrosis en el miembro inferior, la artrosis de tobillo es postraumática en un 75-80% de las ocasiones; siendo la primera causa las secuelas de fracturas maleolares y la segunda la inestabilidad de tobillo¹¹⁶⁻¹¹⁸.

Existe evidencia disponible de que la articulación del tobillo es más susceptible a cambios degenerativos tras lesión ligamentosa grave, de lo que generalmente se cree; es la segunda causa de artrosis de tobillos siendo la primera las secuelas de fracturas maleolares¹¹⁸.

Si hablamos de artrosis de tobillo tras lesión ligamentosa, es inevitable mencionar el ya clásico trabajo de Harrington y cols.⁶¹ publicado en el año 1979. Presentaron una serie de 36 pacientes con ILCT, de los cuales hasta el 78% desarrollaron artrosis de tobillo (particularmente artrosis en varo) después de al menos 10 años. Catorce de los 22 tobillos con artrosis de leve a moderada mostraron mejoría de la sintomatología y signos radiográficos después de ser sometidos a tratamiento quirúrgico. La ILCT puede conducir a cambios degenerativos tempranos en el tobillo debido a un desequilibrio en la carga en el lado medial de la articulación.

Canale y Belding¹¹⁹ en un estudio de 29 pacientes que sufrieron una LOC del astrágalo tras traumatismo de tobillo, encontraron que después de 11 años de seguimiento, el 48% de los pacientes mostraron evidencia radiológica de artrosis de tobillo. En un estudio retrospectivo, Löfvenberg y cols.¹²⁰ informaron sobre 37 pacientes que sufrieron inestabilidad crónica del tobillo no tratada quirúrgicamente y encontró una tasa del 13% de cambios degenerativos en un estudio radiológico pasados 20 años. Es vital un diagnóstico preciso y un tratamiento adecuado de la ILCT para mejorar su pronóstico. Sin embargo, debemos saber que existe una disociación clínico-radiológica en la artrosis de tobillo, un estudio radiográfico con artrosis de tobillo no siempre se correlaciona con sintomatología en el paciente¹²¹.

En un estudio más reciente, publicado por Valderrabano y cols.¹²², los esguinces laterales de tobillo ocasionados por la práctica deportiva eran la principal causa de artrosis postraumática de etiología ligamentosa. Hubo una importante correlación entre la ILCT y mala alineación varo, aproximadamente el 67% de los pacientes con ILCT tenían alineación en varo. Esta

malalineación se atribuyó a cambios degenerativos progresivos en la superficie cartilaginosa medial como resultado de los cambios en la cinemática del tobillo y la disfunción de la musculatura peronea. El tiempo medio de latencia para desarrollar síntomas secundarios a un estadio terminal de artrosis tras lesión ligamentosa fue 34,3 años. Este periodo de tiempo difirió sustancialmente según el tipo de lesión ligamentosa (tiempo de latencia menor tras episodio único de esguince severo frente a esguince de tobillo recurrente) y la localización (menor tiempo de latencia en esguinces mediales que laterales).

Es sorprendente que este estudio¹²² hallara que existía menor tiempo de latencia para el desarrollo de artrosis tobillo, cuando se había realizado estabilización quirúrgica en comparación con el tratamiento no quirúrgico. La conclusión de que el tratamiento quirúrgico podría haber dañado adicionalmente el tobillo y por lo tanto acelerar el desarrollo de artrosis, debe ser considerada con precaución. Primero, puede ser que los pacientes con indicación para tratamiento quirúrgico tuvieran una inestabilidad más grave o tuvieran mayor daño condral después del esguince inicial, que los tratados sin cirugía. En segundo lugar, es posible que la técnica quirúrgica utilizada no fuera apropiada para restaurar la función biomecánica del tobillo a largo plazo, apartado que posteriormente pasaremos a discutir.

Debemos mencionar por su extensa serie de casos y largo seguimiento el estudio realizado por la SOFCOT (Sociedad Francesa de Cirugía Ortopédica y Traumatología)^{78,123}. Se trata de un estudio prospectivo multicéntrico de 310 casos de ILCT sometidos a tratamiento quirúrgico con un seguimiento medio de 13 años (seguimiento mínimo 5 años). Más de la mitad de los pacientes eran hombres (53%) y predominaban las lesiones deportivas (78%); la duración media de la inestabilidad fue de 92 meses con una edad media en el momento de la cirugía de 28 años. La inestabilidad asociada de la articulación subtalar se presentó en el 28% de los casos. Cuatro clases de técnicas quirúrgicas fueron identificadas (C): C1 (retensado capsuloligamentoso

aislado); C2 (retensado asociado con refuerzo); C3 (reconstrucción utilizando parte de un tendón de función estabilizadora en eversión: por ejemplo, el *peroneus brevis*); C4 (ligamentoplastia usando un tendón de función estabilizadora en eversión).

El número de pacientes con signos preoperatorios de LOC y cambios degenerativos fue significativamente mayor, cuanto más largo fue el intervalo hasta la cirugía; además estos casos, presentaron peores resultados clínicos. Los pacientes con inestabilidad asociada con dolor, mostraron peores resultados clínicos y mayor presencia de artrosis que aquellos con inestabilidad simple (sin dolor asociado). Las complicaciones neurológicas (lesiones de las ramas nerviosas) aumentaron significativamente el riesgo de malos resultados. Con una tasa de artrosis del 3% en el seguimiento, esta serie confirma el impacto protector de la cirugía contra la aparición de artrosis tibiotalar, a medio-largo plazo (seguimiento medio de 13 años). Llama la atención que no emplearan técnicas de reconstrucción anatómica con injerto libre, aun así, la evolución a artrosis tras estabilización quirúrgica es baja (3%) con un seguimiento mínimo de 5 años.

Cuanto más larga sea duración de la ILCT, mayor será el riesgo de artrosis debido al desarrollo de LOC en la cúpula talar. Esto argumenta a favor del tratamiento temprano de inestabilidad de tobillo. Es importante realizar una evaluación preoperatoria exhaustiva para descartar si existe inestabilidad medial (con mayor potencial artrogénico) o de la subtalar, además de las posibles y frecuentes lesiones asociadas^{78,123}. Esto sugiere que no debe demorarse el tratamiento quirúrgico en pacientes con ILCT.

Los pacientes con lesión ligamentosa lateral de tobillo que desarrollan ILCT, suelen presentar LOC causadas por la misma que a medio largo-plazo degenerarán en artrosis de tobillo. Por lo que pensamos que la estabilización de la articulación mediante técnicas de reparación o

reconstrucción ligamentosa anatómica, si consiguen restaurar la biomecánica original del tobillo podrán evitar o al menos frenar la progresión a artrosis. Dichas técnicas reconstruyen la cinemática articular evitando el riesgo de rigidez, que también puede tener un papel importante en el desarrollo de artrosis. Serían necesarios ensayos clínicos aleatorizados y controlados a largo plazo para saber el papel que juega la cirugía en la ILCT y confirmar que tiene un efecto protector en el desarrollo de artrosis. Si la evidencia científica avalara el efecto protector de la cirugía, podría incluso cambiar las indicaciones de tratamiento quirúrgico de la ILCT, empleándose de manera más precoz, incluso en pacientes asintomáticos.

Existen más de 80 técnicas descritas para el tratamiento quirúrgico de la ILCT, en este momento la evidencia disponible es limitada para recomendar una técnica sobre otra. Idealmente, las técnicas de reparación o reconstrucción anatómica del LCL del tobillo, deberían restaurar la mecánica de contacto en la articulación tibiotalar y eliminar la laxitud articular sin restringir el balance articular del tobillo¹²⁴. Los resultados de la presente tesis establecen que la técnica de reconstrucción anatómica con injerto del LTFA presenta una estabilidad angular similar al ligamento sano, sin embargo, la reparación directa con dos anclajes presenta diferencias con la maniobra de pivote, en el plano coronal. Teniendo en cuenta que es un estudio cadavérico en el momento cero, este aumento de la laxitud podría considerarse un pequeño defecto de estabilización la técnica que podría suplirse por la posterior cicatrización y fibrosis *in vivo*, siempre y cuando el paciente siga un adecuado protocolo postoperatorio con restricción de movilidad inicial, como recomiendan algunos autores^{125,126}

b. Estudios biomecánicos en cadáver del tratamiento quirúrgico de la ILCT.

Hasta nuestro conocimiento no existe ningún trabajo publicado que compare *in vitro* la estabilidad angular de la técnica de reparación anatómica frente a la técnica de reconstrucción anatómica, objetivo principal de nuestra tesis. La conclusión de este trabajo es que la estabilidad angular producida por la técnica de reconstrucción anatómica con injerto es al menos igual a la de la técnica de reparación directa del LTFA.

Existen varios estudios biomecánicos en cadáver que estudian las técnicas de reparación anatómica. El primer estudio de interés con el que nos encontramos es el de Waldrop y cols.¹²⁵ publicado en el año 2012. Realizaron un estudio en 24 cadáveres que agrupan en 4 grupos. El primer grupo con LCL intacto sirve como control, el segundo lo someten a la técnica de Broström clásica y en los dos restantes realizaron una técnica de reparación con anclajes (en un grupo los anclajes se localizan el peroné y en otro en el astrágalo). La relevancia clínica de este trabajo radica en que los resultados biomecánicos que muestran tanto la reparación con anclajes, como la reparación directa del LTFA (según la técnica clásica de Broström⁹²) proporcionan una resistencia y rigidez similares, pero desafortunadamente presentan menos de la mitad de la resistencia y rigidez del LTFA nativo en el momento cero. En nuestro estudio la reparación con dos anclajes tampoco consigue reproducir la estabilidad angular del LTFA intacto en el momento cero en un modelo cadavérico. Recomendamos que independientemente del método de reparación, es necesario proteger suficientemente la reparación para evitar fallos prematuros.

Estos resultados corroboran el trabajo de Kirk y cols.¹²⁶ que también recomendaron la necesidad de protección de la reparación de Broström debido al alargamiento del LTFA en la fase temprana del postoperatorio.

La reparación de Broström suele fallar cuando nos encontramos con un remanente ligamentoso de pobre calidad. Viens y cols.¹²⁷ realizaron un estudio en una muestra de 18 cadáveres que fueron aleatorizados en 3 grupos de 6 especímenes. G1: LTFA intacto como control; G2: Cinta de sutura aislada, G3. Broström + aumentación con cinta de sutura. Concluyen que la reparación con cinta de sutura aislada o como aumentación a la técnica de Broström proporcionó mayor resistencia y rigidez en comparación con la reparación tradicional de Broström, que produjo una fuerza inmediata de menos del 50% comparada con la del LTFA. Aumentar la resistencia de la reparación de Broström clásica puede ser de gran utilidad en pacientes con laxitud ligamentosa generalizada, en pacientes con alto IMC, atletas de élite, o cuando no es factible realizar una reparación directa porque el remanente tisular es de mala calidad. En nuestra opinión, para estas indicaciones es más recomendable realizar una técnica de reconstrucción anatómica con injerto para evitar el uso de materiales sintéticos, tal y como recomiendan Clanton y cols.¹⁰⁰

Recientemente, existe una tendencia al empleo de la cirugía artroscópica en el tratamiento de la ILCT. Los estudios biomecánicos en cadáver más recientes avalan el uso de técnicas artroscópicas para realizar técnicas de reparación con anclajes¹²⁸⁻¹³⁰.

En el año 2013 Giza y cols.¹³¹ publican un estudio en cadáver que supone la validación biomecánica de la reparación anatómica artroscópica. Para ello aleatorizaron siete pares de muestras de tobillo cadavéricas en 2 grupos de reparación anatómica de Broström: abierta o artroscópica. En ambos grupos se emplearon dos anclajes de sutura siguiendo la misma técnica. No hallaron diferencias estadísticamente significativas en la resistencia o rigidez de una reparación abierta tradicional en comparación con una reparación anatómica artroscópica del LCL. Los autores recomiendan la reparación artroscópica para la estabilización del LCL en pacientes con inestabilidad mecánica de leve a moderada.

En la misma línea que el trabajo anterior, Drakos y cols.¹³² publicaron en el año 2014 su estudio en 20 pares de cadáveres reparados con técnica abierta y técnica artroscópica y a continuación probaron las reparaciones simulando las maniobras de cajón anterior y estrés en varo. No encontraron ninguna diferencia en la función biomecánica del tobillo cuando se comparan las técnicas abiertas y artroscópicas. En un estudio previo, Drakos y cols.¹³³ revelaron cierto riesgo de atrapamiento de las estructuras anatómicas próximas utilizando estos procedimientos artroscópicos.

Giza y cols.¹²⁸ en el año 2015 realizaron un importante estudio con el propósito de analizar las propiedades biomecánicas de la reparación artroscópica de Broström y la reparación aumentada con un anclaje de sutura en 20 (10 pares coincidentes) muestras cadavéricas tobillo. Después de seccionar el LTFA del tobillo, se realizó un procedimiento artroscópico de Broström en cada uno utilizando dos anclajes. Se practicó en una muestra de cada par, la aumentación con un anclaje colocado a 3 cm proximal a la punta inferior del maléolo lateral. No encontraron diferencias significativas entre las reparaciones artroscópicas estándar y las reparaciones aumentadas para la carga máxima media y la rigidez a tiempo cero. Este estudio valida la viabilidad clínica de una reparación artroscópica, sin embargo, el aumento con un anclaje proximal adicional mostró una tendencia hacia una reparación más fuerte, pero sin alcanzar significación estadística.

Cottom y cols.¹²⁹ en el año 2016, realizaron un trabajo en 36 miembros de cadáver fresco congelado, en los que se identifica y se secciona el LTFA. Los especímenes se dividen en 3 grupos. G1: reparación con hilera simple, constructo de 2 anclajes-sutura; G2: doble hilera, 4 anclajes sin nudo; G3: doble hilera 3 anclajes. En contraste con el estudio anterior, los resultados del citado trabajo demostraron que esta modificación de la técnica de reparación artroscópica

con un anclaje adicional de localización proximal en el peroné, resulta en un aumento de la resistencia.

El empleo de dos anclajes aumenta la superficie de contacto tejido hueso, lo que debería corresponderse con un aumento de la resistencia con mínimo aumento del tiempo quirúrgico, como demuestra este último trabajo ¹²⁹. Además, teniendo en cuenta el resultado de nuestro estudio anatómico en el que predomina la morfología bifascicular 83,33%, el empleo de dos anclajes puede reproducir con más fidelidad la anatomía del LTFA.

Existe la duda, si en caso de no encontrar las huellas anatómicas de los restos ligamentosos, la mala elección del origen e inserción del LTFA puede alterar los resultados. Para ello, Shoji y cols.¹³⁴ presentaron un estudio biomecánico en cadáver de siete tobillos que fueron probados con un sistema robótico de 6 grados de libertad. Concluyeron que la técnica no anatómica altera la cinemática y la laxitud del ligamento intacto, cuestión que debemos tener en cuenta para localizar correctamente la huella anatómica que ha dejado el LTFA.

En la actualidad se recomiendan las técnicas de reparación y reconstrucción anatómicas, pero en ocasiones no es fácil identificar las huellas anatómicas del LTFA, por lo que resulta de especial interés el trabajo de Clanton y cols.¹³⁵. El LTFA es contiguo a la cápsula articular y tiene un número variable de bandas. En un estudio cadavérico del ser humano, los autores encontraron que el 50% (7 de 14) de los especímenes tenían un LTFA de banda única, y los restantes con 2 bandas. El origen del LTFA de una sola banda se encuentra en el margen anterior del peroné aproximadamente 13,8 mm desde la punta inferior del maléolo lateral. El LTFA se inserta justo anterior a la superficie articular lateral del astrágalo. El origen de LCF es aproximadamente 5,3 mm anterior a la punta inferior del maléolo lateral. El curso del LCF va en dirección postero-inferior hasta insertarse en la cara lateral del cuerpo calcáneo. El origen del LTFP se encuentra aproximadamente 4,8 mm superior a la punta inferior del maléolo lateral en la cara medial del

maléolo lateral, y sus fibras se extienden sobre el aspecto posterolateral del astrágalo. En nuestro estudio anatómico la presencia del LTFA bifascicular es bastante superior, concretamente el 83,33%.

Son escasos los estudios publicados hasta la fecha que valoren la biomecánica de las técnicas de reconstrucción con injerto. Históricamente las primeras técnicas de reconstrucción empleadas fueron no anatómicas, actualmente prácticamente no se emplean, aunque es de interés conocer la biomecánica de las mismas.

Liu y Baker¹³⁶ en 1994, emplearon una serie de 40 tobillos cadavéricos para comparar los procedimientos de Broström, Watson-Jones y Chrisman-Snook. Las maniobras de cajón anterior y de inclinación talar se realizaron con equipo TELOS (TELOS, Weiterstadt, Alemania), y el movimiento se midió a partir de radiografías. Encontraron que todos los procedimientos redujeron el cajón anterior y la inclinación talar, en comparación con los tobillos con el LTFA y el LCF seccionados. Sin embargo, la técnica de Broström produjo una mayor restricción mecánica que cualquiera de los otros procedimientos.

Posteriormente, en 1995 por Hollis y cols.¹³⁷ también estudiaron los procedimientos de Evans, Watson-Jones y Chrisman-Snook en 18 tobillos cadavéricos, inicialmente seccionaron el LTFA y a continuación el LCF, repitiendo las pruebas tras cada situación. Las técnicas de reconstrucción no anatómica de Evans, Watson-Jones y Chrisman-Snook fueron realizadas en cada tobillo. Observaron una mayor estabilidad después de las tres técnicas de reconstrucción con la fuerza de inversión-eversión en comparación con el estado seccionado de LTFA y LCF. Sin embargo, mientras que las reconstrucciones de Evans y de Chrisman-Snook produjeron un aumento de la estabilidad con la fuerza anteroposterior, no fue así con la técnica de Watson-

Jones. El movimiento subtalar estaba restringido después de los tres procedimientos, particularmente con Chrisman-Snook.

En 1997 Bahr et al¹³⁸ realizaron un estudio biomecánico de la de reparación directa de Broström, la reconstrucción de Watson Jones y una nueva técnica de reconstrucción anatómica en ocho especímenes que fueron valorados con las maniobras de cajón anterior y de inclinación talar. El aumento de laxitud después de la sección del LTFA y LCF se redujo significativamente por las tres técnicas, aunque no siempre al nivel del tobillo intacto. El rango articular quedó restringido después del procedimiento de Watson-Jones en comparación con el del tobillo intacto. Se observaron patrones de fuerza durante la carga de ligamento o injerto después de la reparación de Broström-Gould y la reconstrucción anatómica parecidas a las observadas en el tobillo intacto, a diferencia del procedimiento de Watson-Jones. Este estudio ya deja ver que las técnicas de reparación y reconstrucción anatómica reproducen con mayor fidelidad la biomecánica del tobillo sano. Sin embargo, no compara las técnicas de reparación y reconstrucción anatómica.

En el año 2004 Schmidt y cols.¹²⁴ publicaron un estudio basado en la valoración del rango de movimiento de las articulaciones talocrural y subtalar tras tres procedimientos quirúrgicos: reparación directa, reconstrucción con injerto tendinoso y aumentación con implante de fibra de carbono. Todos los procedimientos restauraron el rango de movimiento original de la articulación subtalar, excepto para las posiciones de flexión plantar y dorsiflexión. En cuanto, a la articulación tibiotalar, el injerto tendinoso y el implante de fibra de carbono dejaron una pequeña laxitud en los movimientos de inversión-eversión y rotación interna-externa. La técnica de reparación directa logró la restauración de la cinemática fisiológica casi por completo. Durante cada procedimiento, se mantuvieron los puntos de inserción y la dirección de los ligamentos originales. Es importante que ninguno de los procedimientos haya causado una restricción del rango de movimiento.

Sin embargo, Prisk y cols.¹⁰⁶ evaluaron la mecánica de contacto y movilidad del tobillo en un modelo cadavérico utilizando un sistema robótico con 6 grados de libertad y demostraron que la reconstrucción con injerto tendinoso reproduce más aproximadamente la mecánica de contacto bajo cargas de inversión del ligamento intacto que las técnicas de reparación de Broström o Broström-Gould. A pesar de las mejoras, ninguna de las 3 técnicas fue capaz de restaurar por completo la biomecánica normal del tobillo. En el presente estudio la reconstrucción con injerto también reproduce más aproximadamente la estabilidad angular del ligamento íntegro.

Clanton y cols.¹⁰⁰ en el año 2013 publicaron un estudio que supone la validación biomecánica de la técnica de reconstrucción anatómica con injerto en la ILCT, para ser empleada en situaciones clínicas en las que una reparación anatómica, tenga baja probabilidad de éxito o haya fallado previamente. Realizaron una técnica de reconstrucción anatómica del LTFA, empleando injerto de semitendinoso fijado con un tornillo interferencial biodegradable en tobillos de cadáver y los comparan con un grupo control de 6 especímenes con ligamento indemne. La reconstrucción anatómica del LTFA con injerto demostró una resistencia y rigidez similares al ligamento nativo en el momento cero en un modelo cadavérico congelado. Los autores recomiendan la reconstrucción anatómica con injerto en pacientes con gran laxitud ligamentosa, inestabilidad de largo tiempo de evolución con tejidos desvitalizados, retropié en varo, fallo de cirugía de reparación previa y en pacientes obesos o atletas de élite debido al aumento de la demanda funcional. También somos partidarios de realizar reconstrucción anatómica ante estas situaciones, ya que una reparación puede resultar insuficiente.

Este es el único estudio biomecánico que valora la rigidez y resistencia de la reconstrucción anatómica con injerto. La técnica de reconstrucción empleada es muy similar a la que hemos usado en nuestra serie. Los resultados de nuestro trabajo complementan este estudio ya que

muestran que no existen diferencias estadísticamente significativas entre la estabilidad angular que proporciona el LTFA intacto ($p < 0,05$). No obstante, la importancia de esta tesis es que es el único estudio que compara la estabilidad angular de la técnica de reparación anatómica, que sigue considerándose el patrón oro en la actualidad, con la reconstrucción anatómica con injerto -que es la técnica más recomendada en casos de mala calidad del remanente ligamentoso, fracaso de técnica de reparación previa o situaciones en las que la reparación anatómica no proporciona buenos resultados- sin encontrar diferencias estadísticamente significativas. Por lo que los buenos resultados dependerán de una correcta indicación. Si nos encontramos con mala calidad del remanente ligamentoso -circunstancia que no ocurre en el modelo cadavérico ya que el ligamento está recién seccionado- la reconstrucción anatómica con injerto es la técnica de elección.

Michels y cols.¹³⁰ realizaron un estudio biomecánico en 14 especímenes de cadáver sometidos a la técnica de reconstrucción del LTFA y del LCF empleando como donante el tendón del *gracilis*, a través de 4 portales endoscópicos. Las medidas de distancia entre el centro del túnel y las huellas anatómicas revelaron buena posición con un error máximo de 2 mm en la mayoría de los cadáveres. La disección anatómica no mostró ningún daño a las estructuras anatómicas en riesgo: la distancia al nervio peroneo superficial (NPS) fue 11,9 mm \pm 5,3 mm y la distancia al sural 17,4 \pm 3,2 mm. Por lo tanto, concluyeron que la técnica endoscópica de reconstrucción anatómica del LTFA y LCF es viable, segura y reproducible en el tratamiento de la ILCT. Como crítica a este estudio decir que la única medida de estabilidad empleada son la aplicación manual maniobras de cajón anterior y estrés en varo, teniendo la sensación subjetiva de estabilidad de la articulación después de la realización de las técnicas. La técnica de reconstrucción anatómica del LTFA con injerto descrita en la presente tesis también podría realizarse mediante técnica artroscópica, como describen Vilá y cols.⁹⁹ en su trabajo recientemente publicado, con una serie de 22 pacientes, obteniendo excelentes resultados.

Existen estudios biomecánicos en cadáver que indican que fijar el injerto con el pie en una posición ligeramente en eversión conduciría a mayor tensión del injerto y podría reducir aún más la laxitud durante la inversión y la rotación interna^{124,139}. Recomendación que siempre hemos tenido en cuenta durante la realización de las técnicas.

6.3. Estudios clínicos del tratamiento quirúrgico de la ILCT.

Ahora que ya conocemos la evidencia disponible de la biomecánica de las técnicas de reparación y reconstrucción *in vitro*, es necesario conocer los resultados funcionales y complicaciones de dichas técnicas en estudios clínicos.

6.3.1 Técnicas de reparación directa abiertas.

Aunque hayan pasado más de 50 años desde su descripción, la reparación anatómica según la técnica de Broström con sus posteriores modificaciones se considera de primera elección en el tratamiento de la ILCT.

Chen y cols.¹⁴⁰ trataron quirúrgicamente 56 pacientes con ILCT mediante una técnica de reparación consistente en el desplazamiento lateral de todo el complejo cápsulo-ligamentoso lateral, sutura al borde anterior del peroné y refuerzo mediante un colgajo perióstico elevado desde el peroné distal. Estos pacientes fueron revisados en un período medio de 3,1 años postoperatorios (9 meses a 5 años). Hallaron un 91,1% (51/56) de resultados excelentes y buenos en la escala AOFAS (*American Orthopedics Foot and Ankle Society*) de tobillo y retropié.¹⁴¹

Brodsky y cols.¹⁴¹ publicaron una importante serie de 73 pacientes que fueron tratados con una reparación de Broström-Gould con un seguimiento medio de 64 meses. La puntuación en la

escala AOFAS de tobillo y retropié fue de 95 a 100 puntos. A pesar de los buenos resultados, el 17% de los pacientes en el estudio tenía inestabilidad funcional que no se refleja en la puntuación de la escala AOFAS. La puntuación media del componente físico del cuestionario de salud SF-36 (*Short Form 36*)¹⁴² fue del 84% y reflejó la presencia de inestabilidad funcional. Encontraron baja correlación entre la puntuación AOFAS y el cuestionario SF-36, debido a que la escala AOFAS no tiene en cuenta la presencia de IFT. Estos datos sugieren que se debe prestar mayor atención a la rehabilitación funcional después de la cirugía de estabilización del tobillo para obtener un resultado óptimo

Li y cols.¹⁴³ presentaron una serie de 62 atletas con ILCT que no respondieron a tratamiento conservador de al menos 6 meses de duración. Se sometieron a un procedimiento de Broström-Gould modificado con anclajes de sutura. El seguimiento medio fue de 29 meses. Las puntuaciones medias de Karlsson¹⁴⁴ fueron 92 +/- 5,2 y 95 +/- 3,1 en los puntos temporales de 1 y 2 años, respectivamente. El rango de movimiento fue igual al tobillo contralateral en todos menos 3 pacientes, a los 2 años de seguimiento. La tasa de complicaciones mayores ascendió al 6% incluyendo 3 re-roturas. En esta serie la reparación ligamentosa directa con anclajes de sutura presenta buenos resultados en pacientes con alta demanda funcional.

Hua y cols.¹¹³ presentaron una serie de 85 pacientes con ILCT (87 tobillos) en los que se realizó inicialmente cirugía artroscópica de tobillo para identificar lesiones intraarticulares. A continuación, hicieron un procedimiento de Broström modificado, que incluía acortamiento del LTFA y/o del LCF, así como del REI. Encontraron lesiones intraarticulares en 79 tobillos (90,8%), incluyendo 75 con sinovitis y pinzamiento de tejidos blandos, 33 con LOC, 23 con osteofitos tibiales anteriores, 7 con cuerpos libres y 6 con lesiones de la sin-desmosis tibiofibular. Un total de 79 pacientes (92,9%) (81 tobillos) fueron seguidos durante una media de 29 meses (rango: 12 a 47 meses). La puntuación AOFAS mejoró de 46.6 +/- 8,1 antes de la operación a 86.5 +/- 7,6 después de la operación. Las puntuaciones postoperatorias medias de AOFAS

fueron significativamente más altas en pacientes sin LOC que en aquellos con LOC con diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$). Este estudio nos informa de la importancia de identificar LOC en pacientes con ILCT y para ello nuestra mejor herramienta es la artroscopia.

Lee y cols.¹⁴⁵ mostraron una serie de 30 pacientes con ILCT intervenidos con un procedimiento modificado de Broström (imbricación del LTFA con refuerzo del REI) con un tiempo medio de seguimiento superior a 10 años.. Veinticuatro de los 30 eran atletas. La puntuación media de AOFAS fue 91. Los valores medios de traslación anterior fueron 6,9 mm en el lado ipsilateral (lesionado) y 6,1 mm en el contralateral (sano); los ángulos medios de inclinación del talar fueron 3,0 y 2,5 grados para lado ipsilateral y contralateral respectivamente. Veintiocho de los 30 pacientes recuperaron su nivel de actividad previo a la lesión. La importancia de este estudio reside en que los resultados clínicos, funcionales y radiográficos se mantienen a largo plazo aun siendo pacientes de alta demanda funcional. Como crítica a este estudio, no reportan las tasas de artrosis halladas a los 10 años.

Mafuli y cols.¹⁴⁶ presentaron los resultados a largo plazo de 38 atletas que se sometieron a artroscopia de tobillo y reparación del LTFA mediante técnica de Broström para el tratamiento de la ILCT. La media de seguimiento es 8,7 años (rango 5-13). Los pacientes mejoraron significativamente la laxitud del tobillo y la puntuación AOFAS. Veintidós (58%) pacientes alcanzaron el nivel deportivo previo a la lesión, 6 (16%) habían cambiado a niveles más bajos, practicando deportes menos exigentes y 10 (26%) habían abandonado el deporte, aunque eran físicamente activos. Seis de estos pacientes no se sentían seguros con el tobillo debido a la aparición de nuevos episodios de inestabilidad del tobillo. De los 27 pacientes que no tenían evidencia de cambios degenerativos antes de la operación, 8 pacientes (30%) tenían signos radiográficos de cambios degenerativos (5 grado I y 3 grado II) del tobillo; 4 de los 11 pacientes

(11%) con cambios preexistentes de grado I permanecieron sin cambios, y 7 pacientes (18%) habían progresado a grado II.

Tanto Karlsson y cols.¹⁴⁷ como Cho y cols.¹⁴⁸ compararon la técnica de reparación anatómica mediante sutura con túneles transóseos frente a imbricación (reparación con anclajes de sutura) con refuerzo del REI. Karlsson y cols.¹⁴⁷ informaron que el tiempo medio de la operación fue significativamente más largo en el grupo de imbricación. Cho y cols.¹⁴⁸ en la técnica de imbricación también emplearon un solo anclaje para fijar el LTFA y la cápsula articular, no encontraron diferencias estadísticamente significativas en satisfacción clínica a más de 2 años de seguimiento entre los dos procedimientos. Tampoco existían diferencias significativas entre los dos grupos en cuanto a la inestabilidad subjetiva, dolor crónico, retorno a la actividad previa, traslación anterior talar, ángulo de inclinación talar ni complicaciones.

Las técnicas de reparación directa independientemente del método de fijación seleccionado, pueden proporcionar la resistencia suficiente, sin embargo, el factor limitante podría encontrarse en el nivel biológico de curación¹⁴⁹. El tiempo exacto de inmovilización aún no está claro, ya que existe cierta controversia entre dar suficiente tiempo para que cicatrice la reparación versus iniciar protocolo acelerado de rehabilitación para obtener un proceso más rápido de recuperación. Karlsson y cols.¹⁴⁷ informaron mejores resultados y un retorno más rápido al deporte con una movilización temprana "protegida". Puede ser apropiado limitar la inversión inicialmente y permitir una progresión gradual de 20 a 40° a las 5 a 6 semanas después de la cirugía una vez que el ligamento está suficientemente cicatrizado¹⁵⁰.

Probablemente tras un tiempo de inmovilización de la articulación de 3-6 semanas, pueda desaparecer la diferencia de estabilidad angular que presenta la técnica de reparación en la presente tesis. Actualmente existe controversia en cuál es el momento óptimo para iniciar

movilidad activa y carga permitiendo la cicatrización del ligamento para obtener un tobillo estable a lo largo del tiempo y que permita una rápida reincorporación a actividades deportivas.

En la tabla 11 se presentan los resultados clínico-funcionales y complicaciones de los estudios más relevantes que emplean una técnica de reparación directa abierta. Nivel de evidencia IV (retrospectivo, serie de casos)

AUTOR, REVISTA, AÑO	DATOS TÉCNICOS	Nº TOBILLOS	SEGUIMIENTO	ESCALA prequirúrgica/postquirúrgica	COMPLICACIONES
Chen y cols. Injury 2004	Broström-Gould mod.	56	3,1 años (9 meses-5 años)	AOFAS pre 71 post 92	2(3,57%) Limitación de la inversión
Brodsky y cols. Foot Ankle Int 2005	Broström mod. con 2 anclajes	73	64 meses (14 meses-10años)	AOFAS post 95 (60-100)	3(4,1%) Dehiscencia herida SDRC Sesamoiditis tibial
Li y cols. Sports Med 2009	Broström-Gould mod. con 3 anclajes	52	1,6 años (9meses-4años)	Karlsson post 95+/- 3,1	6 (12%) 3 infección superficial 3 limitación BA
Hua y cols. Arthroscopy 2010	Broström-Gould mod. con 1 ó 2 anclajes	79	29 meses (12-47meses)	AOFAS pre46,6 +/-8,1 post 86,5 +/-7,6	No aparecen
Lee y cols. Foot and Ankle Int. 2011	Broström-Gould	30	10,6 años (9,6-12,4 años)	AOFAS post 90,8 (77-100)	6 (7.4%) 2 problemas cicatriz 2 lesión NPS 1 dolor lateral 1 inestabilidad residual
Mafulli y cols. Am Sports Med 2013	Broström	38	8,7 años (5-13)	AOFAS pre 51(32-71) post 90 (67-100)	4 (10.5%) 1 infección superficial herida 2 hipoestesia lateral

Tabla 11. Principales estudios clínicos de técnicas de reparación directa.

6.3.2. Técnicas de reparación directa artroscópica

La estrategia quirúrgica en el manejo de la ILCT está experimentando una evolución de los procedimientos abiertos tradicionales a técnicas mínimamente invasivas y artroscópicas. El desarrollo de técnicas artroscópicas para la articulación del tobillo refleja el proceso ya ocurrido en otras articulaciones como el hombro y la rodilla, en las últimas tres décadas. El procedimiento

artroscópico de Broström es relativamente sencillo de realizar para un cirujano que domina la artroscopia básica de tobillo. La reparación directa artroscópica es un procedimiento seguro y efectivo con resultados al menos iguales a los resultados publicados para las técnicas abiertas tradicionales¹⁵¹.

Las técnicas artroscópicas están validadas biomecánicamente por los estudios en cadáver previamente citados^{131,132}.

Corte-Real y Moreira¹⁵² en el año 2009 desarrollaron la técnica artroscópica denominada *arthro-Broström* en la que se procede a la reparación directa del remanente tisular del LTFA mediante una incisión con un anclaje colocado en el peroné más un tiempo percutáneo que permite la augmentación con el REI. En el año 2015, presentaron una serie de casos con 28 pacientes un seguimiento medio de 24 meses, informando buenos resultados clínicos, con una puntuación AOFAS postoperatoria media de 85,3; 3 recurrencias y 3 lesiones del NPS.

Nery y cols.¹⁵³ en el año 2011, publicaron otro estudio sobre 38 pacientes que se sometieron a un tratamiento artroscópico de la ILCT y de lesiones asociadas. Refirieron resultados de buenos a excelentes en el 95% de los pacientes con un seguimiento medio de 9,8 años, obteniendo una puntuación media en la escala AOFAS de 90. La importancia de este estudio radica en su largo periodo de seguimiento, sin embargo, presenta una debilidad, no comunican si existen cambios degenerativos pasado ese tiempo.

Vega y cols.¹⁵⁴ publicaron una serie de casos con 16 pacientes tratados con una técnica artroscópica *all inside* (“todo dentro”) con anclaje de sutura sin nudos, como novedad. Informaron que todos los pacientes presentaban mejoría subjetiva en la estabilidad del tobillo y la capacidad de volver a sus actividades normales. La ventaja de esta técnica reside en que todo el procedimiento de reparación se realiza mediante artroscopia y además evita la prominencia del nudo de sutura que a menudo se asocia con neuropatía.

Arroyo y cols.¹⁵⁵ presentaron una serie de 17 pacientes tratados mediante una técnica “todo-dentro” con dos anclajes sin nudo con el objetivo de aumentar la resistencia de la reparación, así como la superficie de contacto del remanente tisular y mejorar la distribución de cargas sobre los implantes. Esta es la misma técnica de reparación que hemos usado en el estudio biomecánico en cadáver. Con un seguimiento de 29 meses (25-33 meses) los pacientes con una puntuación en escala AOFAS de retropié de 66,12 (60-71) puntos han mejorado hasta 96,95 (90-100) puntos. Tres pacientes sufrieron complicaciones: un paciente sufrió rigidez articular que mejoró tras desbridamiento artroscópico, otro presentó irritación cutánea transitoria en los portales y un último una neuropatía del NPS, también transitoria.

Cottom y cols.¹⁵⁶ presentan un estudio de cohorte retrospectiva comparando los resultados clínicos de 2 procedimientos artroscópicos de Broström diferentes con un total de 110 pacientes de los que 75 pacientes, se incluyeron en el grupo de *arthro-Broström* con 2 anclajes y 35 se incluyeron en el grupo reparación artroscópica con anclajes sin nudo. No hallaron diferencias estadísticamente significativas en las puntuaciones AOFAS y Karlsson entre los 2 grupos. Sin embargo, la técnica con anclajes sin nudos muestra una tendencia hacia mayor número de complicaciones por lo que hay menos paciente incluidos en el estudio con esta técnica.

En la tabla 12 se encuentran los resultados y complicaciones de los principales estudios que evalúan técnicas de reparación directa artroscópicas.

AUTOR, REVISTA, AÑO	NIVEL DE EVIDENCIA	DATOS TÉCNICOS	Nº TOBILLOS	SEGUIMIENTO	Escala pre/post	COMPLICACIONES
Nery y cols. AM J Sports Med 2011	IV, retrospectivo, serie de casos	Artro-Broström-Gould con 1 anclaje	38	9,8 años (5-14)	AOFAS pre 90 (44-100) Post 94.7	0
Vega y cols. Foot and Ankle 2013	IV, retrospectivo, serie de casos	Reparación con un anclaje sin nudo todo dentro	16	22,3 m (12-35)	97 (95-100)	2 (12,5%) 1 Infección superficial de la herida 1 Retraso cicatrización herida
Corte-Real y cols. Foot and Ankle Int 2015	IV, retrospectivo, serie de casos	Artro Broström con un anclaje	21	28m	NA	9(29%) 3 retraso cicatrización de la herida 3 disestesia NPS 2 esguinces agudos 1 TVP
Acevedo y cols, Foot and Ankle Int 2015	V, opinión de expertos	Artro Broström Gould con dos anclajes	73	NA	NA	1 inestabilidad residual 3 persistencia dolor lateral 5 neuritis
Arroyo y cols, Rev Esp Cir Ortop y Traumatol 2016	IV, retrospectivo, serie de casos	Reparación con dos anclajes todo dentro	21	29m (25-33)	AOFAS pre 66,12 (60-71) post 96,95 (90-100)	3 (14%) Rigidez articular Infección portales Neuropatía NPS

Tabla 12. Principales estudios de técnicas de reparación directa artroscópica.

En este momento el debate se centra en si la reparación directa debe realizarse mediante técnica abierta o artroscópica. Existen pocos estudios de alto nivel de evidencia científico y con una adecuada metodología en el tratamiento de la ILCT^{131,132}.

Matsui y cols.¹⁵⁷ compararon los resultados funcionales entre reparación artroscópica (n = 19) y reparación abierta (n = 18) a los 12 meses después de la cirugía, sin encontrar diferencias

estadísticamente significativas. Destaca en este estudio que los autores evaluaron la duración de la cirugía y el tiempo para volver a la actividad diaria, siendo significativamente más cortos en el grupo artroscópico ($p < 0,05$).

La inmensa mayoría de los trabajos publicados son de nivel de evidencia III (cohorte retrospectiva). Destaca el estudio de Yeo y cols.¹⁵⁸ que publicaron en 1995, un estudio controlado aleatorizado (Nivel I) en el que comparan una técnica de Broström modificada artroscópica “todo dentro” (25 pacientes) con una técnica abierta (23 pacientes). Al año de la cirugía no encontraron diferencias en resultados clínicos (escala AOFAS, Karlsson, maniobras de cajón anterior y estrés en varo) ni radiológicos. Este trabajo, si bien metodológicamente está bien elaborado presenta un tamaño muestral limitado, por lo que es susceptible de sufrir un error beta.

Li y cols.¹⁵⁹ en el año 2017, realizaron un estudio de cohortes ($n = 60$) para evaluar la efectividad de la técnica de reparación abierta ($n = 37$) frente a artroscópica ($n = 23$). Ambos grupos mostraron una significativa mejoría en las puntuaciones de AOFAS, Karlsson y Tegner ($p < 0,001$) en el seguimiento final. Sin embargo, no observaron una diferencia significativa en estos resultados entre ambos grupos.

En el año 2019 Rigby y Cottom¹⁶⁰ comunicaron un estudio con una serie de 62 pacientes comparando los resultados clínicos de la reparación de Broström-Gould abierta ($n=32$) frente a una técnica de Broström artroscópica completa ($n=30$) con un seguimiento de 44,4 meses en la técnica abierta y 15,6 meses en la técnica artroscópica. Los datos no mostraron diferencias entre los 2 enfoques con respecto al dolor, puntuación en AOFAS de retropié, ni puntuación en la escala de Karlsson. Sin embargo, en comparación al procedimiento abierto, los autores encontraron que el grupo artroscópico exhibió un inicio más temprano de la deambulación (12 vs 22 días).

En la tabla 13 se exponen estudios comparativos de técnicas de reparación abiertas frente artroscópicas.

AUTOR, REVISTA, AÑO	NIVEL DE EVIDENCIA	DATOS TÉCNICOS	Nº TOBILOS	SEGUIMIENTO	Escala prequirúrgica/postquirúrgica	COMPLICACIONES
Matsui 2016	III, cohorte retrospectiva	Abierto	18	12	35,44 /93,53	4 (22,3%) 3 irritación herida 1 Hipoestesia NPS
		Artro	19	12	35,07/95,3	2 (10,5%) 2 hipoestesia NPS
Yeo 2016	I, Ensayo controlado randomizado	Abierto	23	12	69,9 ± 2,1/ 89,2 ± 2,3	3 (13 %) 2 lesión NPS 1 absceso herida
		Artro	25	12	67,5 ± 2,0/ 90,3 ± 2,4	5 (20%) 2 Lesión NPS 2 Dolor nudo 1 Lesión nervios
Li 2017	III, cohorte retrospectiva	Abierto	37	35.5 ± 9.9	69,2 ± 13,2/ 92,4 ± 8,6	2 (5,4%) 2 LOC astrágalo
		Artro	23	39,7 ± 10,3	69,3 ± 11,8/ 93,3 ± 8,9	1 (4,3%) 1 LOC astrágalo
Rigby 2019	III, cohorte retrospectiva	Abierto	32	44.4 (15,6-63,6)	35,44 /93,53	2 (6,25%) 2 neuritis NPS
		Artro	30	15,6 (8,4-20,4)	35,07/95,3	2 (6,66%) TVP Neuritis sural
De Vries 2019	III, cohorte retrospectiva	Abierto	12	21,0 ± 7,1	NA	2 (16,7%) 1 Tendinitis peroneos 1 Infección superf
		Artro	43	24,2 ± 7,7	NA	6 (14%) 3 cirugía revisión 1 Brostromabierto 1 desbridamiento 1 infección superficial

Tabla 13. Principales estudios comparativos entre técnicas de reparación abiertas y artroscópicas.

Feng y cols.¹⁶¹ reportan este año los datos de 75 pacientes con ILCT tratados mediante la técnica de Broström-Gould artroscópica “todo dentro”. Los pacientes se dividieron en un grupo de anclaje único (n = 36) y un grupo de dos anclajes (n = 39). El seguimiento fue de 36 a 72 meses. La incidencia de complicaciones y la duración de la hospitalización postoperatoria fueron similares entre los 2 grupos. Sin embargo, se evidenció un mejor resultado funcional y una mejor recuperación de la movilidad previa a la lesión cuando se utilizaron 2 anclajes en lugar de un solo anclaje. Además, mayor número de pacientes en el grupo de doble anclaje, volvieron a las actividades deportivas previas a la lesión.

Guelfi y cols¹⁶², realizaron una revisión sistemática incluyendo 19 estudios en total. Trece estudios con 505 tobillos tratados con una reparación abierta de Broström con un seguimiento medio de 73,4 meses y puntuación media postoperatoria en la escala AOFAS (recogida en 11 estudios) de 90,1 (rango, 60-100); la tasa de satisfacción del paciente fue del 91,7% y la tasa de complicaciones relacionada con la cirugía fue del 7,92%. El número total de tobillos tratados en los 6 estudios artroscópicos fue 216 con un seguimiento medio de 37,2 meses. La puntuación media de AOFAS postoperatoria (recogida en 5 estudios) fue 92,48 con una tasa de satisfacción del paciente del 96,4% y una tasa de complicaciones de 15,27% de los casos. Los resultados de esta revisión muestran la excelente eficacia de los procedimientos de reparación abierta y artroscópica en el tratamiento de ILCT. La mayor tasa de complicaciones de la técnica artroscópica respecto a los procedimientos abiertos representa el problema principal, sin embargo, esto no parece afectar a la satisfacción del paciente.

Las técnicas de reparación directa continúan siendo de primera elección en el tratamiento quirúrgico de la ILCT. Actualmente la mayoría de las técnicas se realizan con anclajes de sutura que ya han sido validados biomecánicamente *in vitro* y funcionalmente en estudios clínicos^{147,148}. El empleo de dos anclajes proporciona mejores resultados funcionales y mejor recuperación de la movilidad¹⁶¹.

La tendencia actual es el empleo de técnicas artroscópicas “todo-dentro” o puramente artroscópicas, dichas técnicas ofrecen excelentes resultados en aquellos casos en los que exista un buen remanente tisular –aproximadamente el 75% de todas las roturas del LTFA– y en los que exista una rotura aislada del LTFA. En el mismo acto quirúrgico permite el diagnóstico y

abordaje quirúrgico de la patología intraarticular asociada, especialmente de las LOC de astrágalo consecuencia de la inestabilidad^{46,108,153,162-164}. No obstante, la técnica artroscópica parece tener más complicaciones en algunos estudios publicados, siendo las más frecuentes las lesiones del NPS o sural y molestias debidas al nudo de sutura¹⁶². La reparación artroscópica presenta una curva de aprendizaje, por lo que las lesiones nerviosas pueden ser evitadas en manos de cirujanos con experiencia. Por otro lado, actualmente se pueden emplear anclajes sin nudo¹⁵⁴ o reabsorbibles¹⁶⁵ para evitar las molestias que ocasionan.

6.3.3. Técnicas de reconstrucción anatómica con injerto.

La reconstrucción anatómica es el último grupo de técnicas que se desarrolla, sin embargo es considerada por algunos autores¹⁶⁶ como la mejor opción para restaurar la estabilidad del tobillo con buenos resultados clínicos y radiológicos, pues su viabilidad es independiente del estado de los ligamentos nativos.

A pesar de que la reparación directa se considera el patrón oro en el tratamiento quirúrgico de la ILCT, para obtener buenos resultados a largo plazo es imprescindible hacer una adecuada indicación. El tratamiento quirúrgico debe ser individualizado, valorando distintos aspectos del paciente entre los que se encuentran: la cronicidad, la gravedad y anatomía patológica de la lesión hallada en las pruebas de imagen junto con la actividad habitual y las expectativas del paciente frente a la cirugía. Existen situaciones como escaso remanente ligamentoso, fallo de técnica de reparación previa, cronicidad (mayor de 1 año), hiperlaxitud generalizada, obesidad o ciertas condiciones del paciente en las que la reparación directa no es posible o no ofrece buenos resultados.

Coughlin y Schenk ¹⁰¹ fueron probablemente los primeros autores en describir una técnica de técnica de reconstrucción anatómica del LTFA y LCF con injerto tendinoso en el año 2001. Emplearon como autoinjerto el tendón del *gracilis*, conducido a través de túneles óseos en calcáneo y fíbula que recuerda al procedimiento de Elmslie ⁸² original. El LTFA posteriormente se sutura sobre la parte superior de la reconstrucción para proporcionar un soporte biológico adicional.

Tres años más tarde presentaron una serie de 28 pacientes, con un seguimiento medio de 23 meses (12-52 meses), los resultados de 24 de 28 pacientes fueron considerados como excelentes y 4 de 28 como buenos, según la autoevaluación subjetiva y la escala AOFAS ⁹⁷. El grado de inclinación talar disminuyó de 13° antes de la cirugía a 3° después de la cirugía, y la maniobra de cajón anterior disminuyó desde 10 mm hasta 5 mm ⁹⁷.

Jung y cols.¹⁶⁷ emplearon una técnica reconstrucción anatómica del LCL usando como homoinjerto el tendón del semitendinoso y tornillos de tenodesis reabsorbibles en 70 pacientes (72 tobillos) con ILCT con seguimiento medio de 22,1 meses (rango, 12-68 meses) después de la operación. La puntuación media en las escalas AOFAS y Karlsson mejoró significativamente después de la cirugía, mientras que la inclinación del talar disminuyó de 14,8° a 3,9 °. No hubo diferencias significativas en los resultados clínicos entre el grupo pretensados y el grupo no pretensados.

Kim y cols. en el 2015,¹⁶⁸ informaron su serie integrada por 34 pacientes consecutivos tratados con la reconstrucción del LCL utilizando la mitad anterior del tendón *peroneus longus*. La mediana de edad en la cirugía fue de 24 años (rango 19-46 años). Los resultados clínicos y radiológicos se evaluaron preoperatoriamente y en una mediana de 21 meses (rango 12-51 meses) de seguimiento. La puntuación media en la escala Karlsson, el ángulo medio de inclinación talar y la traslación talar anterior media mejoraron significativamente después de la cirugía. Quince pacientes (52%) estaban satisfechos, 4 pacientes (14%) estaban poco satisfechos y un paciente (3%) no estaba satisfecho con los resultados.

Dierckman y Ferkel¹⁶⁹ emplearon la reconstrucción anatómica del LCL usando como aloinjerto el tendón del semitendinoso para aumentar el procedimiento de Broström en una serie de 38 pacientes (40 tobillos) con un seguimiento medio de 38 +/- 30 meses. Los autores consideran que esta técnica conduce a un tobillo estable sin cambios degenerativos con una función significativamente mejorada y una alta satisfacción del paciente.

Park y Lee¹⁷⁰ en el 2016, evaluaron 31 pacientes que fueron que tratados mediante reconstrucción anatómica del LCL con hemitendón anterior del *peroneus longus*. Las puntuaciones medias de las escalas AOFAS y Karlsson, el ángulo medio de inclinación talar y el desplazamiento talar anterior mejoraron significativamente respecto al estado previo a la cirugía. La reconstrucción anatómica del ligamento lateral con hemitendon del *peroneus longus* mostraron buenos resultados clínicos y radiográficos sin una disminución significativa en la fuerza del *peroneus longus*.

Chen y cols.¹⁷¹ en el año 2018 utilizaron una técnica de reconstrucción anatómica del LTFA empleando como autoinjerto el complejo tuberosidad tibial-tendón patela que permite la cicatrización de hueso-hueso en el astrágalo y la cicatrización del tendón-tendón/periostio en el peroné en lugar de requerir la curación del tendón-hueso, que suele ser la opción más empleada para tratar la ILCT. Este trabajo nos ofrece una alternativa interesante con teóricamente mayor potencial biológico de curación, pero no tiene un grupo control para demostrar si su teórica superioridad biológica se traduce en mejores resultados funcionales.

Vilá y cols.⁹⁹(2019) defienden emplear la técnica de reconstrucción anatómica en atletas de alta demanda, obesidad, hiperlaxitud o trastornos del colágeno, insuficiencia capsular o avulsiones ligamentosas talar(es). Realizaron una técnica artroscópica “todo-dentro” para la reconstrucción anatómica del LTFA en 22 pacientes con un seguimiento medio de 34 +/- 2,5 meses. La mejoría en la escala AOFAS postoperatoria frente a la preoperatoria presentó una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,05$). La puntuación media de AOFAS mejoró de 62,3 +/- 6,7 puntos preoperatoriamente a 97,2 +/- 3,2 puntos seguimiento final. Tres pacientes sufrieron complicaciones: un caso de rigidez de tobillo, lesión del NPS y fractura fibular. Las lesiones crónicas del LTFA son susceptibles de reconstrucción artroscópica completa con homoinjerto fijado con tornillos de biotnodesis. Este procedimiento simplifica otras técnicas publicadas, ya que facilita la identificación y colocación del túnel óseo de la inserción talar LTFA.

En la tabla 14 se recogen los estudios clínicos nivel IV (retrospectivos, series de casos) publicados hasta la fecha que consideramos de interés, por su número de casos, tiempo de seguimiento o novedades técnicas (Tabla 14).

AUTOR, REVISTA, AÑO	NIVEL DE EVIDENCIA	DATOS TÉCNICOS	Nº TOBILLOS	SEGUIMIENTO	Escala pre Escala post	COMPLICACIONES
Coughlin y cols. Foot and Ankle Int 2004	IV, retrospectivo, serie de casos	Autoinjerto Tendón Gracilis	29	23 meses (12-52)	AOFAS pre 57(32-74) AOFAS post 98 (87-100)	6/29 (20,6%) 1 Disestesia sural 2 Celulitis superficial 3 irritación zona donante
Ahn y cols. Am J Sport Med 2011	IV, retrospectivo, serie de casos	Autoinjerto Extensor del 4º dedo	24		Karlsson pre 48,0+/-4.2 Karlsson post 92,2+/-3.8	7/24 (29,1%) 2 Pérdida dorsiflexión 4º dedo 5 rigidez tobillo
Ellis y cols. HSS J 2011	IV, retrospectivo, serie de casos	Alloinjerto Tibial anterior	12	3,5 +/-1,7 años	AOFAS post 85.2 (58.3-100)	3/12 (25%) 3 Reconstrucción tensa
Kim y cols. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2015	IV, retrospectivo, serie de casos	Autoinjerto Hemitendón Peroneo largo	31	21 meses (12-51)	AOFAS pre 58,2+/-10.9 AOFAS post 83,9+/-7,0	9/31 (29%) 5 Molestias tornillo calcáneo 4 Dolor anterolat 6 meses
Jung y cols. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2015	IV, retrospectivo, serie de casos	Homoinjerto Semitendinoso	72	22,1 meses (12-68)	AOFAS pre 71,0 AOFAS post 90,9	13/72 (18,05%) 1 Rigidez subtalar 1 artrosis subtalar 2 Neuralgia sural 6 Neuralgia NPS 1 Infección superficial 3 necrosis cutánea
Park and Lee. Am J Sport Med 2016	IV, retrospectivo, serie de casos	Autoinjerto Hemitendón Peroneo largo	31	20 meses (12-33)	AOFAS pre 57,2+/-12,8 AOFAS post 89,0 +/-10	1/31 (3,22%) Protusión tornillo del astrágalo
Dierckman y Ferkel Am J Sport Med 2015	IV, retrospectivo, serie de casos	Alloinjerto Semitendinoso	40	38 +/-30 meses	AOFAS pre 60,3+/-14,4 AOFAS post 87,5+/-9,3	3/33 1Neuropraxia NPS 1 Lesión N sural 1Infección superficial
Vilá y cols. Foot and Ankle Surg 2019	IV, retrospectivo, serie de casos	Alloinjerto	22	34+/-2,5 meses	AOFAS pre 62,3 +/-6,7 AOFAS post 97,2+/-3,2	3/22 1Rigidez tobillo 1Neuropatía NPS 1Fractura peroné

Tabla 14. Principales estudios de técnica de reconstrucción anatómica con injerto.

A continuación, debemos mencionar tres estudios comparativos: el estudio de Xu y cols.¹⁷² que compara la utilización de autoinjerto frente aloinjerto en la reconstrucción anatómica del LCL, el trabajo de Liu y cols.¹⁷³ de gran interés ya que compara una técnica de reparación directa frente

a una técnica de reconstrucción anatómica y por último el trabajo de Choi y cols.¹⁷⁴, que compara una técnica de Broström aumentado frente a reconstrucción anatómica. (Tabla 15)

Xu y cols.¹⁷² evalúan 68 pacientes con ILCT que se sometieron a reconstrucción anatómica del LCL a través de un abordaje mínimamente invasivo con tendón del semitendinoso como autoinjerto (n=32 pacientes) u homoinjerto (n=36 pacientes). En el grupo de autoinjerto el tiempo quirúrgico medio aumentó significativamente pero el tiempo medio de curación fue significativamente más corto respecto al grupo de aloinjerto. Aunque la puntuación media de AOFAS aumentó significativamente en el seguimiento final en el grupo de autoinjerto y el grupo de homoinjerto, no se encontró una diferencia significativa en la escala AOFAS entre estos 2 grupos. Del mismo modo, no hubo diferencias significativas en la inclinación del talar entre los grupos. Además, ningún paciente se quejó de sintomatología en el sitio donante en el grupo de autoinjerto, mientras que se observó tumefacción localizada en 4 pacientes en el grupo de homoinjerto.

Liu y cols.¹⁷³ recomiendan la técnica de reconstrucción anatómica en pacientes jóvenes que necesitan alta estabilidad y en caso de revisiones. Los autores publican en el año 2015 este interesante estudio controlado aleatorizado en 48 pacientes (48 tobillos) con un seguimiento medio de 3,4 años para comparar la técnica de reparación anatómica frente a la técnica de reconstrucción anatómica. El grupo A, se practicó una reparación directa de LTFA y LCF mediante el procedimiento de Broström modificado (n=24) y en el grupo B la reconstrucción anatómica de doble fascículo de LTFA y LCF con autoinjerto de semitendinoso con un túnel fibular único (n= 24). El grupo de reconstrucción fue significativamente mejor que el grupo de

reparación en el ángulo de inclinación del talar, traslación talar anterior y puntuación AOFAS. En cada ítem de la puntuación AOFAS, no hubo diferencias significativas en el dolor entre los 2 grupos, pero el grupo de reconstrucción fue significativamente mejor que el grupo de reparación en la marcha, la distancia máxima para caminar y la estabilidad del tobillo. La técnica descrita que implica la reconstrucción anatómica de doble fascículo del LTFA y LCF con un túnel fibular único es una opción recomendable para tratar la inestabilidad lateral del tobillo, especialmente para pacientes jóvenes que necesitan una alta estabilidad.

Choi y cols.¹⁷⁴ en el año 2017, proponen un procedimiento modificado de Broström aumentado con un colgajo perióstico del peroné, como una opción efectiva para el tratamiento de la ILCT en casos de hiperlaxitud generalizada, atenuación severa del remanente ligamentoso, cirugía fallida previa, actividad de alta demanda y obesidad. Para ello, analizaron retrospectivamente 38 pacientes (39 tobillos) que se dividieron en 2 grupos: un grupo de reconstrucción anatómica del ligamento lateral (grupo de reconstrucción) que consta de 17 tobillos y un grupo de procedimiento modificado de Broström con colgajo perióstico (grupo de aumento) que consta de 22 tobillos. Las puntuaciones medias de las escalas AOFAS y Karlsson mejoraron significativamente en ambos grupos. No hallaron diferencias significativas entre los grupos en la puntuación media postoperatoria de las escalas AOFAS y Karlsson. La técnica de Broström aumentada con colgajo perióstico puede ser una alternativa en pacientes que no sean candidatos a una técnica de reparación y se quieran evitar los efectos indeseados de las técnicas de reconstrucción con injerto.

AUTOR, REVISTA, AÑO	NIVEL DE EVIDENCIA	DATOS TÉCNICOS	Nº TOBILLOS	SEGUIMIENTO	Escala prequirúrgica/postquirúrgica	COMPLICACIONES
Xu y cols. Foot and Ankle Int 2014	III, Comparativo, Serie de casos	Autoinjerto Semitendinoso	32	23 meses	AOFAS pre 62,3+/-8,2 AOFAS post 95,1+/-7,5	No
		Alloinjerto	36	26 meses	AOFAS pre 60,2+/-8,4 AOFAS post 94,8+/-5,5	No
Liu y cols. 2015	Ensayo clínico controlado randomizado	Reparación	24	3,4 años (2-5)	No diferencias entre grupos. Escrito en chino	Escrito en chino
		Reconstrucción	24	3,4 años (2-5)	No diferencias entre grupos. Escrito en chino	Escrito en chino
Choi y cols. 2017	III, comparativo, serie de casos	Reconstrucción aloinjerto	17	24 meses	AOFAS pre 54,7 AOFAS post 92,9	2 Neuropatía sural. 1 Dehiscencia herida 1 Irritación por injerto
		Broström aumentado periostio	22	24 meses	AOFAS pre 60,1 AOFAS post 94,9	Infección superficial herida

Tabla 15. Estudios comparativos técnicas de reconstrucción anatómica con injerto.

El procedimiento de reconstrucción anatómica con injerto produce mejoras significativas en la función del paciente y la puntuación en la escala AOFAS, con baja tasas de inestabilidad recurrente, según una revisión sistemática publicado este mismo año 2020, por Li y cols¹⁷⁵. Se incluyeron seis ensayos clínicos con 153 pacientes. El seguimiento mínimo fue de 2 años con una media estimada agrupada para la puntuación postoperatoria de AOFAS de 89,4 puntos. La proporción agrupada de pacientes que volvió a practicar deportes después de la cirugía fue del 80%. El riesgo total combinado de inestabilidad recurrente después de la cirugía fue del 6%.

El aspecto más relevante observado en esta revisión sistemática es la baja tasa de inestabilidad recurrente. Probablemente el éxito de este procedimiento, resida en buscar el candidato ideal, es decir, hacer una indicación adecuada. Actualmente existe controversia en cuales son las indicaciones de la técnica de reconstrucción ligamentosa anatómica con injerto en la ILTC. Se observó que fallo de reparación anatómica previa y laxitud articular fueron las 2 indicaciones principales en la mayoría de los estudios^{167,169,172,176-178}. En el informe de un reciente consenso

también se indicó que la reconstrucción aumentada del ligamento lateral de tanto el LTFA como del LCF deben considerarse en pacientes con laxitud generalizada o mala calidad del ligamento⁹⁸. Además, varios estudios consideran que el alto índice de masa corporal (IMC) era otra referencia para la técnica de reconstrucción con injerto, pero no están claros los puntos de corte. Dos estudios, Xu y cols.¹⁷² y Jung y cols.¹⁶⁷, indicaron $IMC > 25 \text{ kg} / \text{m}^2$, y el estudio de Dierckman y Ferkel¹⁶⁹ indicó $IMC > 30 \text{ kg} / \text{m}^2$.

Las complicaciones objetivadas en los 6 estudios se detallan a continuación. En dos estudios apareció una infección de herida quirúrgica en cada uno. Un estudio informó que 1 paciente tenía neurapraxia peroneal superficial y una lesión del nervio sural y otro paciente experimentó neurapraxia sural. Dos pacientes tenían rigidez en el tobillo, y otros 2 sintieron rigidez durante unos minutos por la mañana. Cuatro pacientes presentaron artrofibrosis. En ningún caso hubo que retirar el injerto por rechazo.

Ellis y cols.¹⁷⁶ analizaron en detalle la razones por las que 4 pacientes no volvieron a practicar deportes. Estos 4 pacientes no tenían suficiente confianza para volver al deporte, lo que indica que algún otro factor, como alteraciones del equilibrio dinámico o el rendimiento neuromuscular, podrían ser razones para no volver a practicar deportes.

A pesar de que nuestro estudio biomecánico *in vitro* a tiempo cero no encuentra diferencias estadísticamente significativas en la estabilidad angular producida por la técnica de reparación anatómica en comparación con la técnica de reconstrucción anatómica, este trabajo muestra ciertas ventajas técnicas de reconstrucción anatómica con autoinjerto. Serían necesarios ensayos

clínicos controlado y aleatorizados con un seguimiento a largo plazo para definir las verdaderas indicaciones en las que los pacientes se benefician de una técnica de reconstrucción. En este momento no existe evidencia de cuales son las indicaciones de la técnica de reconstrucción anatómica por lo que debemos basar nuestras decisiones en las opiniones de expertos. En una reunión de expertos en el año 2017 ⁹⁸ se preguntó a cirujanos especializados en pie y tobillo que factores influían en su elección de tratamiento. La mayoría de los cirujanos preferían realizar una reparación en pacientes que practicaban deportes de competición, pacientes con radiografías de estrés positivo y pacientes con rotura de LCF en RM. La reconstrucción anatómica era la técnica elegida en pacientes con hiperlaxitud generalizada y pacientes con deficiente calidad ligamentosa objetivada durante la cirugía.

No existen estudios comparativos publicados hasta la fecha entre la técnica de reconstrucción abierta frente a la reconstrucción artroscópica en el tratamiento de la ILCT. Youn y cols.¹⁷⁹ informaron que las maniobras de cajón anterior, varo forzado y las puntuaciones en la escala EVA, Karlsson, mejoraron significativamente después de la reconstrucción artroscópica del LTFA y el LCF.

Actualmente no existe evidencia clara que defienda la utilización de homoinjerto o autoinjerto. La elección depende del cirujano, influenciada por la disponibilidad de homoinjerto en el país y los conocimientos y experiencia del cirujano en cuanto a la morbilidad de la zona donante en el autoinjerto o reacción adversa en el caso del homoinjerto.

La mayoría de los autores recomiendan como injerto los tendones de la pata de ganso (*gracilis* o semitendinoso) ya que aportan múltiples ventajas: no es necesario emplear un tendón que

participe en la estabilización dinámica del tobillo, relativa fácil extracción, una longitud adecuada del tendón y aprovecha la experiencia que existe en la reconstrucción del Ligamento Cruzado Anterior (incluso facilita la explicación al paciente: es el mismo injerto que usamos para el cruzado de la rodilla)^{100,167}. Otras fuentes de autoinjerto son el tendón del plantar, la fascia lata, sección longitudinal del tendón calcáneo o rotuliano o el extensor del tercer/cuarto dedo del pie.

Para el uso de homoinjerto en la ILCT existe evidencia grado B¹⁸⁰. Las ventajas de emplear homoinjerto son que evita la morbilidad de la zona donante, reduce el tiempo quirúrgico y evita los problemas de dimensiones inadecuadas que pueden surgir con la extracción de un autoinjerto no adecuado. Sin embargo, existen ciertas limitaciones, como una menor actividad biológica en comparación con los autoinjertos frescos, posible transmisión de enfermedades infecciosas, reacciones de injerto contra huésped, necesidad de un biobanco de tejidos y mayor coste económico¹⁸⁰.

La mitad anterior del peroneo largo es un autoinjerto con características interesantes en cuanto su fuerza, además tiene mayor estabilidad biomecánica que los autoinjertos tendinosos comúnmente utilizados para el LTFA, y puede ser extraído fácilmente por su localización superficial. Park y cols.¹⁷⁰ no encontraron diferencias significativas en la evaluación isocinética del *peroneus longus* entre el miembro operado y el miembro no operado. Ni Kim y cols.¹⁶⁸ observaron diferencias significativas entre la extremidad extraída del tendón y la contralateral en pruebas de salto.

Ahn y cols.¹⁸¹ emplearon el extensor del 4º dedo del pie, informando buenos resultados clínicos y ausencia de complicaciones significativas. En nuestro estudio preferimos emplear el *extensor hallucis longus* por su mayor diámetro y posiblemente mayor resistencia mecánica. El extensor hallucis longus no se debe emplear en la práctica clínica por el déficit funcional que implicaría su ausencia.

Li y cols.¹⁸² y Xu y cols.¹⁷², comparan la reconstrucción mediante homoinjerto y autoinjerto del tendón semitendinoso. Los resultados clínicos hallados fueron equivalentes usando homoinjertos o autoinjertos. Li y cols, encontraron valores más altos de T2 en imágenes de RM en el grupo de homoinjerto, que según los autores indica que los autoinjertos tienen "superioridades con respecto al proceso de revascularización, estructura de colágeno, contenido de agua y propiedades del tendón".

Una reciente revisión sistemática¹⁶⁶ incluye 132 pacientes que recibieron autoinjerto y 130 pacientes con homoinjerto para llevar a cabo una técnica de reconstrucción anatómica. Analizaron los resultados, obteniendo buenos resultados clínicos en el seguimiento final; además, no se encontraron diferencias significativas entre los 2 grupos en la puntuación AOFAS, puntuación Karlsson, puntuación EVA, traslación talar anterior o ángulo de inclinación talar.

En nuestro trabajo decidimos emplear el tendón del músculo EHL por los siguientes motivos: no participa en la estabilización del tobillo, sus características anatómicas (diámetro /longitud) y su fácil acceso y extracción en la pieza anatómica. No ha sido posible emplear como donante el tendón del *gracilis* ya que las piezas anatómicas estaban seccionadas por debajo de la articulación de la rodilla y la escasa responsabilidad ética que supone usar una pieza cadavérica

sólo con ese fin con el mayor coste económico. Necesitamos una plastia de aproximadamente unos 4,5 mm de grosor y no encontramos problemas en lo que se refiere a la longitud de la plastia.

Mientras que el debate sobre las ventajas del autoinjerto frente al tejido homoinjerto permanece en gran medida sin resolver, al igual que ocurre en la reconstrucción del ligamento cruzado anterior de la rodilla, existe menos controversia en el empleo de tornillos de biotenedesis para la fijación del injerto. Los implantes bioabsorbibles se han desarrollado como una alternativa a los tornillos de interferencia de metal. Éstos precisan menor longitud de plastia, disminuyen el tiempo quirúrgico y facilitan su implantación en comparación con los métodos tradicionales de fijación mediante suturas tendón tendón, además de asegurar un mayor contacto tendón-hueso y fijación¹⁸³.

Clanton y cols.¹⁸³ realizan un estudio en 31 pacientes con un seguimiento medio de 75 semanas para documentar las complicaciones en pie y el tobillo utilizando tornillos de interferencia bioabsorbibles de ácido poliláctico. Se identificaron complicaciones en 12 (39%) de los pacientes. Todas las complicaciones informadas fueron complicaciones conocidas del procedimiento de transferencia del tendón en sí, y no estaban directamente relacionadas con el tornillo bioabsorbible. Concluyen que los implantes parecen seguros y efectivos para las transferencias de tendones del pie y el tobillo. Sin embargo, hasta que existan resultados a largo plazo, se recomienda el uso prudente de estos implantes.

Debemos mencionar un informe en la base de datos Cochrane¹⁸⁴ concluyó que no hay pruebas suficientes para apoyar fuertemente cualquier procedimiento específico para tratar la ILCT.

De un reciente meta-análisis¹⁸⁵ publicado en el año 2017 titulado: “Manejo quirúrgico de la inestabilidad”: podemos extraer tres importantes conclusiones:

1. Las técnicas de reconstrucción no anatómica obtienen baja satisfacción del paciente y aumentan excesivamente la rigidez a la inversión a nivel subtalar en comparación con las técnicas anatómicas.
2. Múltiples procedimientos modificados de la técnica de Broström obtienen buenos resultados clínicos. Además, se consideran sencillos y seguros.
3. La reconstrucción anatómica es un procedimiento mejor en un grupo determinado de pacientes.

Para finalizar, mencionamos una guía clínica de manejo de la ILCT¹⁸⁶ en la que se consultó a un total de 14 especialistas y se realizó una búsqueda sistemática exhaustiva de la literatura publicada desde 1980 mediante el uso de diferentes buscadores (*China Biology Medicine*, *China National Knowledge Infrastructure*, PubMed, *Web of Science*, EMBASE y la biblioteca Cochrane. Las recomendaciones se calificaron como grado 1 (fuerte) o 2 (débil) según el *GRADE (Grading of Recommendations Assessment Development and Evaluation)*¹⁸⁷

1. El tratamiento quirúrgico se sugiere si los pacientes continúan teniendo síntomas de ILCT después de 3 a 6 meses de tratamiento conservador y presentan exploración física y pruebas de imagen (radiografía de esfuerzo o resonancia magnética) compatibles con ILCT (recomendación grado 2C).
2. Se sugiere cirugía simultánea para el tratamiento de la ILCT y las LOC de astrágalo o tibia cuando ambas están presentes (recomendación grado 2C).

3. Se recomiendan procedimientos abiertos y artroscópicos en pacientes con ILCT que se someten a anatomía reparación (recomendación 1B) o reconstrucción (recomendación 1C).
4. El autoinjerto y el aloinjerto se recomiendan para reconstrucción anatómica en pacientes con ILCT (recomendación grado 1C).
5. Si los pacientes con ILCT tienen inestabilidad subtalar asociada tanto el LTFA como el LCF están rotos, se sugiere la reconstrucción de ambos LTFA y LCF (recomendación grado 2C).
6. Para pacientes con ILCT que se someten a reparación o reconstrucción anatómica se recomienda inicio de movilidad articular (principalmente dorsiflexión) y carga parcial con ortesis desde el segundo día postoperatorio; para aquellos con LOC que se someten a reparación o reconstrucción anatómica y microfracturas adicionales, movilidad temprana y se recomienda un retraso en la carga de peso (recomendación grado 1C).
7. La estabilidad articular, la fuerza muscular y el balance articular completo son recomendados antes de volver al deporte después de la cirugía (recomendación grado 1C).
8. La puntuación en la escala AOFAS, escala Karlsson, y radiografías en estrés del cajón anterior e inclinación talar se recomiendan para evaluar ILCT (recomendación grado 1C).

6.4. Debilidades y fortalezas del estudio.

Somos conscientes de que nuestro estudio tiene debilidades. En primer lugar, nos gustaría abordar las limitaciones propias de un estudio en cadáver. Evaluamos la técnica de reparación anatómica directa a tiempo cero, sin tener en cuenta el efecto biológico de los procesos de cicatrización y fibrosis que se producen con el tiempo *in vivo*, que contribuyen a la estabilización de la articulación del tobillo. En la técnica de reconstrucción con plastia, no consideramos que

la fibrosis sea el factor más importante para la estabilización, como si pudiera serlo en la técnica de reparación.

Por otro lado, no se puede evaluar el efecto dinámico de la estabilización muscular. Sólo podemos evaluar la estabilidad intrínseca que aportan las estructuras óseas y ligamentosas. Este aspecto no lo consideramos una debilidad en sí, ya que buscamos valorar si la estabilización producida por la reconstrucción con plastia es similar a la del ligamento sano, independientemente de los estabilizadores activos.

Otra de las críticas que se puede hacer a este trabajo, es que cada muestra cadavérica es al mismo tiempo el control de cada una de las técnicas. No obstante, usar un grupo control habría aumentado considerablemente el número de especímenes necesarios. La opción ideal hubiera sido disponer de un par de tobillos procedentes del mismo cadáver para así poder realizar en uno la técnica y el otro emplearlo como control sano. Desafortunadamente no disponíamos de esta muestra pareada para llevar a cabo nuestro trabajo. Un cambio en el orden de realización de las técnicas y de las maniobras también podría influir de algún modo en los resultados. Hemos llevado a cabo el orden lógico en la metodología del estudio, usando los especímenes como grupo control y posteriormente estableciendo la inestabilidad producida por la lesión ligamentosa y la estabilidad mediante técnicas de reparación directa y reconstrucción con injerto.

En segundo lugar, debemos mencionar las limitaciones debidas al instrumento de medida. El artrómetro registra el movimiento angular en los tres planos anatómicos. Consta de un sensor localizado en el astrágalo, que nos permite testar la aplicación de las maniobras de CA, P y VF. La fuerza obtenida de la aplicación manual de las citadas maniobras no fue medida de manera objetiva, realmente se trata de una medición dinámica, por ello imposibilita la medición objetiva mediante tensiómetros. Este error se ha minimizado siendo las maniobras de estabilidad

realizadas siempre por el mismo investigador y en tres ocasiones cada prueba. La evaluación de la estabilidad del tobillo se realiza de manera análoga a la exploración física que se realiza en el diagnóstico de los pacientes con inestabilidad en la práctica clínica diaria, con la ventaja de que realizamos una cuantificación objetiva de la movilidad angular fruto de las maniobras con el artrómetro.

La utilidad de las pruebas de esfuerzo manual se debate en la literatura. Un estudio incluyó pruebas manuales de estrés en 160 pacientes. Empleando como patrón oro, la artrografía de tobillo, una prueba positiva del cajón anterior tuvo un valor predictivo positivo del 90%. La experiencia del examinador no afectó los resultados. La especificidad a los 5 días de la lesión fue 84%, y la sensibilidad fue 96%. Laurin¹⁸⁸ afirmó que una inclinación en varo talar fisiológica resulta fácil de demostrar y no requiere un exceso de fuerza, similar a las pruebas de esfuerzo instrumentadas y manuales.

Cómo fortalezas del trabajo, destacar que hasta nuestro conocimiento no existe ningún estudio publicado hasta el momento que valore la estabilidad angular que presenta la técnica de reconstrucción anatómica con injerto del LTFA, y menos aún que compare la estabilidad angular biomecánica en el momento cero de las técnicas de reparación directa y reconstrucción del LTFA. La medida de la estabilidad mediante el desplazamiento angular en lugar de lineal, es un concepto novedoso introducido por Guerra-Pinto y cols.^{66,103}, publicado recientemente.

Además, se trata de un estudio experimental en cadáver con un amplio tamaño muestral de 18 especímenes, con un diseño rigurosamente protocolizado para minimizar errores y con un instrumento de medida específicamente diseñado, ya empleado en publicaciones previas de biomecánica del tobillo.^{66,103}.

CONCLUSIONES

6. Conclusiones

1. La estabilidad angular de la reparación anatómica del ligamento talofibular anterior con dos anclajes es similar a la estabilidad angular de la reconstrucción anatómica del ligamento talofibular anterior con injerto tendinoso en un modelo cadavérico, en el momento cero.
2. El ligamento talofibular anterior es bifascicular en el 83,33% de los cadáveres y monofascicular en el 16,67%.
3. Existen diferencias estadísticamente significativas entre la estabilidad angular del ligamento talofibular anterior íntegro y la estabilidad angular del ligamento seccionado con las maniobras de cajón anterior, pivote y la de varo forzado en el plano axial y con la maniobra de varo forzado en el plano coronal.
4. La estabilidad angular de la reparación directa del ligamento talofibular anterior presenta diferencias estadísticamente significativas objetivadas con la maniobra de pivote en el momento cero frente al ligamento talofibular anterior íntegro.
5. La estabilidad angular de la reconstrucción anatómica con injerto es similar a la del ligamento talofibular anterior íntegro.

BIBLIOGRAFÍA

7. Bibliografía

1. Fong DT-P, Hong Y, Chan L-K, Yung PS-H, Chan K-M. A systematic review on ankle injury and ankle sprain in sports. *Sports Med Auckl NZ*. 2007;37:73-94.
2. Knupp M, Lang TH, Zwicky L, Lötscher P, Hintermann B. Chronic Ankle Instability (Medial and Lateral). *Clin Sports Med*. 2015;34:679-88.
3. Waterman BR, Owens BD, Davey S, Zacchilli MA, Belmont PJ. The epidemiology of ankle sprains in the United States. *J Bone Joint Surg Am*. 2010;92:2279-84.
4. McCriskin BJ, Cameron KL, Orr JD, Waterman BR. Management and prevention of acute and chronic lateral ankle instability in athletic patient populations. *World J Orthop*. 2015;6:161-71.
5. Murphy DF, Connolly D a. J, Beynnon BD. Risk factors for lower extremity injury: a review of the literature. *Br J Sports Med*. 2003;37:13-29.
6. Hølmer P, Søndergaard L, Konradsen L, Nielsen PT, Jørgensen LN. Epidemiology of sprains in the lateral ankle and foot. *Foot Ankle Int*. 1994;15:72-4.
7. Swenson DM, Collins CL, Fields SK, Comstock RD. Epidemiology of U.S. high school sports-related ligamentous ankle injuries, 2005/06-2010/11. *Clin J Sport Med Off J Can Acad Sport Med*. 2013;23:190-6.
8. McGuine TA, Keene JS. The effect of a balance training program on the risk of ankle sprains in high school athletes. *Am J Sports Med*. 2006;34:1103-11.
9. Verhagen E a. LM, van Tulder M, van der Beek AJ, Bouter LM, van Mechelen W. An economic evaluation of a proprioceptive balance board training programme for the prevention of ankle sprains in volleyball. *Br J Sports Med*. 2005;39:111-5.
10. Huppers MDW, Verhagen EALM, van Mechelen W. Effect of unsupervised home based proprioceptive training on recurrences of ankle sprain: randomised controlled trial. *BMJ*. 2009;339:b2684.
11. Verhagen RA, de Keizer G, van Dijk CN. Long-term follow-up of inversion trauma of the ankle. *Arch Orthop Trauma Surg*. 1995;114:92-6.
12. Angulo MT, Llanos LF. Patomecánica del Complejo articular periastragalino. En: *Biomecánica*. 1993. p. 77.
13. Shepherd DE, Seedhom BB. Thickness of human articular cartilage in joints of the lower limb. *Ann Rheum Dis*. 1999;58:27-34.
14. Akiyama K, Sakai T, Sugimoto N, Yoshikawa H, Sugamoto K. Three-dimensional distribution of articular cartilage thickness in the elderly talus and calcaneus analyzing the subchondral bone plate density. *Osteoarthritis Cartilage*. 2012;20:296-304.
15. Kempson GE. Age-related changes in the tensile properties of human articular cartilage: a comparative study between the femoral head of the hip joint and the talus of the ankle joint. *Biochim Biophys Acta*. 1991;1075:223-30.
16. Nester CJ, Findlow AF, Bowker P, Bowden PD. Transverse plane motion at the ankle joint. *Foot Ankle Int*. 2003;24:164-8.
17. Maceira Sánchez E, Monteagudo de la Rosa M, *Mecánica clínica y terapéutica de pie y tobillo*. Madrid; 2017.
18. Hicks JH. The mechanics of the foot. I. The joints. *J Anat*. 1953;87:345-57.
19. Barnett CH, Napier JR. The axis of rotation at the ankle joint in man; its influence upon the form of the talus and the mobility of the fibula. *J Anat*. 1952;86:1-9.
20. Woods C, Hawkins R, Hulse M, Hodson A. The Football Association Medical Research Programme: an audit of injuries in professional football-analysis of preseason injuries. *Br J Sports Med*. 2002;36:436-41; discussion 441.
21. Sarrafian SK. Anatomy of the foot and ankle. Descriptive, topographic, functional,

- 2nd edn. Lippincott, Philadelphia, pp159–217. En.
22. Golanó P, Vega J, de Leeuw PAJ, Malagelada F, Manzanares MC, Götzens V, et al. Anatomy of the ankle ligaments: a pictorial essay. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2016;24:944-56.
23. Milner CE, Soames RW. Anatomy of the collateral ligaments of the human ankle joint. *Foot Ankle Int.* 1998;19:757–760.
24. Burks RT, Morgan J. Anatomy of the lateral ankle ligaments. *Am J Sports Med.* 1994;22:72-7.
25. Delfaut EM, Demondion X, Boutry N, Cotten H, Mestdagh H, Cotten A. Multifasciculated anterior talo-fibular ligament: reassessment of normal findings. *Eur Radiol.* 2003;13:1836-42.
26. Matsui K, Oliva XM, Takao M, Pereira BS, Gomes TM, Lozano JM, et al. Bony landmarks available for minimally invasive lateral ankle stabilization surgery: a cadaveric anatomical study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA.* 2017;25:1916-24.
27. Bassett FH, Gates HS, Billys JB, Morris HB, Nikolaou PK. Talar impingement by the anteroinferior tibiofibular ligament. A cause of chronic pain in the ankle after inversion sprain. *J Bone Joint Surg Am.* 1990;72:55-9.
28. Nikolopoulos CE, Tsirikos AI, Sourmelis S, Papachristou G. The accessory anteroinferior tibiofibular ligament as a cause of talar impingement: a cadaveric study. *Am J Sports Med.* 2004;32:389-95.
29. Dalmau-Pastor M, Malagelada F, Kerkhoffs GMMJ, Karlsson J, Manzanares MC, Vega J. The anterior tibiofibular ligament has a constant distal fascicle that contacts the anterolateral part of the talus. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA.* 2020;28:48-54.
30. Patuere G. *Traité d'anatomie humaine.* En París: Masson; 1951. p. 704-11.
31. Hamilton WG, Geppert MJ, Thompson FM. Pain in the posterior aspect of the ankle in dancers. Differential diagnosis and operative treatment. *J Bone Joint Surg Am.* 1996;78:1491-500.
32. Vilá J, Vega J, Mellado M, Ramazzini R, Golanó P. Hindfoot endoscopy for the treatment of posterior ankle impingement syndrome: a safe and reproducible technique. *Foot Ankle Surg Off J Eur Soc Foot Ankle Surg.* 2014;20:174-9.
33. Chen Y. Arthroscopy of the ankle joint. En: Watanabe M, editor. *Arthroscopy of small joints.* New York: Igaku-Shoin, 1985. En.
34. Harper MC. The lateral ligamentous support of the subtalar joint. *Foot Ankle.* 1991;11:354-8.
35. Stormont DM, Morrey BF, An KN, Cass JR. Stability of the loaded ankle. Relation between articular restraint and primary and secondary static restraints. *Am J Sports Med.* 1985;13:295-300.
36. Siegler S, Block J, Schneck CD. The mechanical characteristics of the collateral ligaments of the human ankle joint. *Foot Ankle.* 1988;8:234-42.
37. Rasmussen O. Stability of the ankle joint. Analysis of the function and traumatology of the ankle ligaments. *Acta Orthop Scand Suppl.* 1985;211:1-75.
38. Gribble PA, Delahunt E, Bleakley C, Caulfield B, Docherty CL, Fourchet F, et al. Selection criteria for patients with chronic ankle instability in controlled research: a position statement of the International Ankle Consortium. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2013;43:585-91.
39. Freeman MA, Dean MR, Hanham IW. The etiology and prevention of functional instability of the foot. *J Bone Joint Surg Br.* 1965;47:678-85.
40. Hertel J. Functional Anatomy, Pathomechanics, and Pathophysiology of Lateral Ankle Instability. *J Athl Train.* 2002;37:364-75.

41. Hiller CE, Kilbreath SL, Refshauge KM. Chronic ankle instability: evolution of the model. *J Athl Train*. 2011;46:133-41.
42. Vega J, Golanó P, Pellegrino A, Rabat E, Peña F. All-inside arthroscopic lateral collateral ligament repair for ankle instability with a knotless suture anchor technique. *Foot Ankle Int*. 2013;34:1701-9.
43. Crim JR, Beals TC, Nickisch F, Schannen A, Saltzman CL. Deltoid ligament abnormalities in chronic lateral ankle instability. *Foot Ankle Int*. 2011;32:873-8.
44. van Rijn RM, van Os AG, Bernsen RMD, Luijsterburg PA, Koes BW, Bierma-Zeinstra SMA. What is the clinical course of acute ankle sprains? A systematic literature review. *Am J Med*. 2008;121:324-331.e6.
45. Alparslan L, Chiodo CP. Lateral ankle instability: MR imaging of associated injuries and surgical treatment procedures. *Semin Musculoskelet Radiol*. 2008;12:346-58.
46. Hintermann B, Boss A, Schäfer D. Arthroscopic findings in patients with chronic ankle instability. *Am J Sports Med*. 2002;30:402-9.
47. DiGiovanni BF, Partal G, Baumhauer JF. Acute ankle injury and chronic lateral instability in the athlete. *Clin Sports Med*. 2004;23:1-19, v.
48. Sanchez-Monzó Carlos, Fuertes-Lanzuela, Manuel, Ballester Alfaro, Juan José. Chronic Ankle Instability. Update. *Rev S And Traum y Ort*. 2015;33:19-29.
49. Fong DT, Chan Y-Y, Mok K-M, Yung PS, Chan K-M. Understanding acute ankle ligamentous sprain injury in sports. *Sports Med Arthrosc Rehabil Ther Technol SMARTT*. 2009;1:14.
50. Kobayashi T, Gamada K. Lateral Ankle Sprain and Chronic Ankle Instability: A Critical Review. *Foot Ankle Spec*. 2014;7:298-326.
51. Freeman MA, Dean MR, Hanham IW. The etiology and prevention of functional instability of the foot. *J Bone Joint Surg Br*. 1965;47:678-85.
52. Giannini S, Ruffilli A, Pagliazzi G, Mazzotti A, Evangelisti G, Buda R, et al. Treatment algorithm for chronic lateral ankle instability. *Muscles Ligaments Tendons J*. 2014;4:455-60.
53. Peters JW, Trevino SG, Renstrom PA. Chronic lateral ankle instability. *Foot Ankle*. 1991;12:182-91.
54. Smith RW, Reischl SF. Treatment of ankle sprains in young athletes. *Am J Sports Med*. 1986;14:465-71.
55. Staples OS. Result study of ruptures of lateral ligaments of the ankle. *Clin Orthop*. 1972;85:50-8.
56. van Dijk CN, Lim LS, Bossuyt PM, Marti RK. Physical examination is sufficient for the diagnosis of sprained ankles. *J Bone Joint Surg Br*. 1996;78:958-62.
57. Donovan L, Hertel J. A new paradigm for rehabilitation of patients with chronic ankle instability. *Phys Sportsmed*. 2012;40:41-51.
58. Frigg A, Frigg R, Hintermann B, Barg A, Valderrabano V. The biomechanical influence of tibio-talar containment on stability of the ankle joint. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA*. 2007;15:1355-62.
59. Maffulli N, Ferran NA. Management of acute and chronic ankle instability. *J Am Acad Orthop Surg*. 2008;16:608-15.
60. Lee J, Hamilton G, Ford L. Associated intra-articular ankle pathologies in patients with chronic lateral ankle instability: arthroscopic findings at the time of lateral ankle reconstruction. *Foot Ankle Spec*. 2011;4:284-9.
61. Harrington KD. Degenerative arthritis of the ankle secondary to long-standing lateral ligament instability. *J Bone Joint Surg Am*. 1979;61:354-61.
62. Silfverskiöld N. Reduction of the uncrossed two-joints muscles of the leg to one-joint muscles in spastic conditions. 1924;56:315-30. *Acta Chir Scand*. 1924;56:315-30.
63. Kerkhoffs GM, Blankevoort L, van Poll D, Marti RK, van Dijk CN. Anterior lateral

- ankle ligament damage and anterior talocrural-joint laxity: an overview of the in vitro reports in literature. *Clin Biomech Bristol Avon*. 2001;16:635-43.
64. Bulucu C, Thomas KA, Halvorson TL, Cook SD. Biomechanical evaluation of the anterior drawer test: the contribution of the lateral ankle ligaments. *Foot Ankle*. 1991;11:389-93.
 65. Chan KW, Ding BC, Mroczek KJ. Acute and chronic lateral ankle instability in the athlete. *Bull NYU Hosp Jt Dis*. 2011;69:17-26.
 66. Guerra-Pinto F, Côrte-Real N, Mota Gomes T, Silva MD, Consciência JG, Monzo M, et al. Rotational Instability after Anterior Talofibular and Calcaneofibular Ligament Section: The Experimental Basis for the Ankle Pivot Test. *J Foot Ankle Surg Off Publ Am Coll Foot Ankle Surg*. 2018;57:1087-91.
 67. Guillo S, Bauer T, Lee JW, Takao M, Kong SW, Stone JW, et al. Consensus in chronic ankle instability: aetiology, assessment, surgical indications and place for arthroscopy. *Orthop Traumatol Surg Res OTSR*. 2013;99:S411-419.
 68. Lee KT, Park YU, Jegal H, Park JW, Choi JP, Kim JS. New method of diagnosis for chronic ankle instability: comparison of manual anterior drawer test, stress radiography and stress ultrasound. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA*. 2014;22:1701-7.
 69. Verhaven EF, Shahabpour M, Handelberg FW, Vaes PH, Opdecam PJ. The accuracy of three-dimensional magnetic resonance imaging in the diagnosis of ruptures of the lateral ligaments of the ankle. *Am J Sports Med*. 1991;19:583-7.
 70. Gaebler C, Kukla C, Breitenseher MJ, Nellas ZJ, Mittlboeck M, Trattnig S, et al. Diagnosis of lateral ankle ligament injuries. Comparison between talar tilt, MRI and operative findings in 112 athletes. *Acta Orthop Scand*. 1997;68:286-90.
 71. Park H-J, Cha S-D, Kim SS, Rho M-H, Kwag H-J, Park N-H, et al. Accuracy of MRI findings in chronic lateral ankle ligament injury: comparison with surgical findings. *Clin Radiol*. 2012;67:313-8.
 72. O'Neill PJ, Van Aman SE, Guyton GP. Is MRI adequate to detect lesions in patients with ankle instability? *Clin Orthop*. 2010;468:1115-9.
 73. Staats K, Sabeti-Aschraf M, Apprich S, Platzgummer H, Puchner SE, Holinka J, et al. Preoperative MRI is helpful but not sufficient to detect associated lesions in patients with chronic ankle instability. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA*. 2018;26:2103-9.
 74. Chou M-C, Yeh L-R, Chen CK-H, Pan H-B, Chou Y-J, Liang H-L. Comparison of plain MRI and MR arthrography in the evaluation of lateral ligamentous injury of the ankle joint. *J Chin Med Assoc JCMA*. 2006;69:26-31.
 75. Borne J, Fantino O, Besse J, Clouet P, Tran Minh V. [MR imaging of anatomical variants of ligaments, muscles and tendons at the ankle]. *J Radiol*. 2002;83:27-38.
 76. Sheehan FT, Seisler AR, Siegel KL. In vivo talocrural and subtalar kinematics: a non-invasive 3D dynamic MRI study. *Foot Ankle Int*. 2007;28:323-35.
 77. Tokuda O, Awaya H, Taguchi K, Matsunga N. Kinematic MRI of the normal ankle ligaments using a specially designed passive positioning device. *Foot Ankle Int*. 2006;27:935-42.
 78. Tourné Y, Besse J-L, Mabit C, Sofcot. Chronic ankle instability. Which tests to assess the lesions? Which therapeutic options? *Orthop Traumatol Surg Res OTSR*. 2010;96:433-46.
 79. Urgüden M, Kızılay F, Sekban H, Samancı N, Ozkaynak S, Ozdemir H. Evaluation of the lateral instability of the ankle by inversion simulation device and assessment of the rehabilitation program. *Acta Orthop Traumatol Turc*. 2010;44:365-77.
 80. Hubbard TJ, Cordova M. Effect of ankle taping on mechanical laxity in chronic ankle instability. *Foot Ankle Int*. 2010;31:499-504.

81. Nilsson H. Making a new ligament in ankle sprain. 1932;14(2):380-1. *J Bone Jt Surg Am.* 1932;14:380-1.
82. Elmslie RC. Recurrent Subluxation of the Ankle-Joint. *Ann Surg.* 1934;100:364-7.
83. Watson-Jones R. Fractures and Other Bone and Joint Injuries. 2nd ed. Baltimore: Williams & Wilkins; 1941. pp 821-823.
84. Evans DL. Recurrent instability of the ankle; a method of surgical treatment. *Proc R Soc Med.* 1953;46:343-4.
85. Chrisman OD, Snook GA. Reconstruction of lateral ligament tears of the ankle. An experimental study and clinical evaluation of seven patients treated by a new modification of the Elmslie procedure. *J Bone Joint Surg Am.* 1969;51:904-12.
86. Castaing J, Le Chevallier PL, Meunier M. [Repeated sprain or recurring subluxation of the tibio-tarsal joint. A simple technic of external ligamentoplasty]. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot.* 1961;47:598-608.
87. Sugimoto K, Takakura Y, Akiyama K, Kamei S, Kitada C, Kumai T. Long-term results of Watson-Jones tenodesis of the ankle. Clinical and radiographic findings after ten to eighteen years of follow-up. *J Bone Joint Surg Am.* 1998;80:1587-96.
88. Karlsson J, Bergsten T, Lansinger O, Peterson L. Lateral instability of the ankle treated by the Evans procedure. A long-term clinical and radiological follow-up. *J Bone Joint Surg Br.* 1988;70:476-80.
89. Snook GA, Chrisman OD, Wilson TC. Long-term results of the Chrisman-Snook operation for reconstruction of the lateral ligaments of the ankle. *J Bone Joint Surg Am.* 1985;67:1-7.
90. Rosenbaum D, Becker HP, Sterk J, Gerngross H, Claes L. Functional evaluation of the 10-year outcome after modified Evans repair for chronic ankle instability. *Foot Ankle Int.* 1997;18:765-71.
91. van der Rijt AJ, Evans GA. The long-term results of Watson-Jones tenodesis. *J Bone Joint Surg Br.* 1984;66:371-5.
92. Broström L. Sprained ankles. VI. Surgical treatment of «chronic» ligament ruptures. *Acta Chir Scand.* 1966;132:551-65.
93. Gould N, Seligson D, Gassman J. Early and late repair of lateral ligament of the ankle. *Foot Ankle.* 1980;1:84-9.
94. Karlsson J, Bergsten T, Lansinger O, Peterson L. Reconstruction of the lateral ligaments of the ankle for chronic lateral instability. *J Bone Joint Surg Am.* 1988;70:581-8.
95. Sjölin SU, Dons-Jensen H, Simonsen O. Reinforced anatomical reconstruction of the anterior talofibular ligament in chronic anterolateral instability using a periosteal flap. *Foot Ankle.* 1991;12:15-8.
96. Bell SJ, Mologne TS, Sitler DF, Cox JS. Twenty-six-year results after Broström procedure for chronic lateral ankle instability. *Am J Sports Med.* 2006;34:975-8.
97. Coughlin MJ, Schenck RC, Grebing BR, Treme G. Comprehensive reconstruction of the lateral ankle for chronic instability using a free gracilis graft. *Foot Ankle Int.* 2004;25:231-41.
98. Michels F, Pereira H, Calder J, Matricali G, Glazebrook M, Guillo S, et al. Searching for consensus in the approach to patients with chronic lateral ankle instability: ask the expert. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA.* 2017;
99. Vilá-Rico J, Cabestany-Castellà JM, Cabestany-Perich B, Núñez-Samper C, Ojeda-Thies C. All-inside arthroscopic allograft reconstruction of the anterior talo-fibular ligament using an accessory transfibular portal. *Foot Ankle Surg Off J Eur Soc Foot Ankle Surg.* 2019;25:24-30.
100. Clanton TO, Viens NA, Campbell KJ, Laprade RF, Wijdicks CA. Anterior talofibular ligament ruptures, part 2: biomechanical comparison of anterior talofibular ligament

- reconstruction using semitendinosus allografts with the intact ligament. *Am J Sports Med.* 2014;42:412-6.
101. Coughlin MJ, Schenck RC. Lateral ankle reconstruction. *Foot Ankle Int.* 2001;22:256-8.
102. Jeys LM, Harris NJ. Ankle stabilization with hamstring autograft: a new technique using interference screws. *Foot Ankle Int.* 2003;24:677-9.
103. Guerra-Pinto F, Côte-Real N, Gomes TM, Consciência JG, Glazebrook M, Oliva XM. Varus talar tilt combined with an internal rotation pivot stress assesses the supination instability vector in lateral ankle ligaments' injury - cadaver study. *Foot Ankle Surg Off J Eur Soc Foot Ankle Surg.* 2019;
104. van Dijk CN, Bossuyt PM, Marti RK. Medial ankle pain after lateral ligament rupture. *J Bone Joint Surg Br.* 1996;78:562-7.
105. Bischof JE, Spritzer CE, Caputo AM, Easley ME, DeOrio JK, Nunley JA, et al. In vivo cartilage contact strains in patients with lateral ankle instability. *J Biomech.* 2010;43:2561-6.
106. Prisk VR, Imhauser CW, O'Loughlin PF, Kennedy JG. Lateral ligament repair and reconstruction restore neither contact mechanics of the ankle joint nor motion patterns of the hindfoot. *J Bone Joint Surg Am.* 2010;92:2375-86.
107. Treppo S, Koepp H, Quan EC, Cole AA, Kuettner KE, Grodzinsky AJ. Comparison of biomechanical and biochemical properties of cartilage from human knee and ankle pairs. *J Orthop Res Off Publ Orthop Res Soc.* 2000;18:739-48.
108. Komenda GA, Ferkel RD. Arthroscopic findings associated with the unstable ankle. *Foot Ankle Int.* 1999;20:708-13.
109. Sugimoto K, Takakura Y, Okahashi K, Samoto N, Kawate K, Iwai M. Chondral injuries of the ankle with recurrent lateral instability: an arthroscopic study. *J Bone Joint Surg Am.* 2009;91:99-106.
110. Wr B, Os S, Sw R. Residual Disability Following Acute Ankle Sprains [Internet]. *The Journal of bone and joint surgery. American volume.* 1955 [citado 19 de mayo de 2020].
111. Taga I, Shino K, Inoue M, Nakata K, Maeda A. Articular cartilage lesions in ankles with lateral ligament injury. An arthroscopic study. *Am J Sports Med.* 1993;21:120-6; discussion 126-127.
112. DIGiovanni BF, Fraga CJ, Cohen BE, Shereff MJ. Associated injuries found in chronic lateral ankle instability. *Foot Ankle Int.* 2000;21:809-15.
113. Hua Y, Chen S, Li Y, Chen J, Li H. Combination of modified Broström procedure with ankle arthroscopy for chronic ankle instability accompanied by intra-articular symptoms. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg Off Publ Arthrosc Assoc N Am Int Arthrosc Assoc.* 2010;26:524-8.
114. Renström PA, Konradsen L. Ankle ligament injuries. *Br J Sports Med.* 1997;31:11-20.
115. Barg A, Tochigi Y, Amendola A, Phisitkul P, Hintermann B, Saltzman CL. Subtalar instability: diagnosis and treatment. *Foot Ankle Int.* 2012;33:151-60.
116. Brown TD, Johnston RC, Saltzman CL, Marsh JL, Buckwalter JA. Posttraumatic osteoarthritis: a first estimate of incidence, prevalence, and burden of disease. *J Orthop Trauma.* 2006;20:739-44.
117. Valderrabano V, Horisberger M, Russell I, Dougall H, Hintermann B. Etiology of ankle osteoarthritis. *Clin Orthop.* 2009;467:1800-6.
118. Saltzman CL, Salamon ML, Blanchard GM, Huff T, Hayes A, Buckwalter JA, et al. Epidemiology of ankle arthritis: report of a consecutive series of 639 patients from a tertiary orthopaedic center. *Iowa Orthop J.* 2005;25:44-6.
119. Canale ST, Belding RH. Osteochondral lesions of the talus. *J Bone Joint Surg Am.* 1980;62:97-102.

120. Löfvenberg R, Kärrholm J, Lund B. The outcome of nonoperated patients with chronic lateral instability of the ankle: a 20-year follow-up study. *Foot Ankle Int.* 1994;15:165-9.
121. van Ochten JM, Mos MCE, van Putte-Katier N, Oei EHG, Bindels PJE, Bierma-Zeinstra SMA, et al. Structural abnormalities and persistent complaints after an ankle sprain are not associated: an observational case control study in primary care. *Br J Gen Pract J R Coll Gen Pract.* 2014;64:e545-553.
122. Valderrabano V, Hintermann B, Horisberger M, Fung TS. Ligamentous posttraumatic ankle osteoarthritis. *Am J Sports Med.* 2006;34:612-20.
123. Mabit C, Tourné Y, Besse J-L, Bonnel F, Toullec E, Giraud F, et al. Chronic lateral ankle instability surgical repairs: the long term prospective. *Orthop Traumatol Surg Res OTSR.* 2010;96:417-23.
124. Schmidt R, Cordier E, Bertsch C, Eils E, Neller S, Benesch S, et al. Reconstruction of the lateral ligaments: do the anatomical procedures restore physiologic ankle kinematics? *Foot Ankle Int.* 2004;25:31-6.
125. Waldrop NE, Wijdicks CA, Jansson KS, LaPrade RF, Clanton TO. Anatomic suture anchor versus the Broström technique for anterior talofibular ligament repair: a biomechanical comparison. *Am J Sports Med.* 2012;40:2590-6.
126. Kirk KL, Campbell JT, Guyton GP, Parks BG, Schon LC. ATFL elongation after Brostrom procedure: a biomechanical investigation. *Foot Ankle Int.* 2008;29:1126-30.
127. Viens NA, Wijdicks CA, Campbell KJ, LaPrade RF, Clanton TO. Anterior talofibular ligament ruptures, part 1: biomechanical comparison of augmented Broström repair techniques with the intact anterior talofibular ligament. *Am J Sports Med.* 2014;42:405-11.
128. Giza E, Whitlow SR, Williams BT, Acevedo JI, Mangone PG, Haytmanek CT, et al. Biomechanical Analysis of an Arthroscopic Broström Ankle Ligament Repair and a Suture Anchor-Augmented Repair. *Foot Ankle Int.* 2015;36:836-41.
129. Cottom JM, Baker JS, Richardson PE, Maker JM. A Biomechanical Comparison of 3 Different Arthroscopic Lateral Ankle Stabilization Techniques in 36 Cadaveric Ankles. *J Foot Ankle Surg Off Publ Am Coll Foot Ankle Surg.* 2016;55:1229-33.
130. Michels F, Cordier G, Burssens A, Vereecke E, Guillo S. Endoscopic reconstruction of CFL and the ATFL with a gracilis graft: a cadaveric study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA.* 2016;24:1007-14.
131. Giza E, Shin EC, Wong SE, Acevedo JI, Mangone PG, Olson K, et al. Arthroscopic suture anchor repair of the lateral ligament ankle complex: a cadaveric study. *Am J Sports Med.* 2013;41:2567-72.
132. Drakos MC, Behrens SB, Paller D, Murphy C, DiGiovanni CW. Biomechanical Comparison of an Open vs Arthroscopic Approach for Lateral Ankle Instability. *Foot Ankle Int.* 2014;35:809-15.
133. Drakos M, Behrens SB, Mulcahey MK, Paller D, Hoffman E, DiGiovanni CW. Proximity of arthroscopic ankle stabilization procedures to surrounding structures: an anatomic study. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg Off Publ Arthrosc Assoc N Am Int Arthrosc Assoc.* 2013;29:1089-94.
134. Shoji H, Teramoto A, Sakakibara Y, Kamiya T, Watanabe K, Fujie H, et al. Kinematics and Laxity of the Ankle Joint in Anatomic and Nonanatomic Anterior Talofibular Ligament Repair: A Biomechanical Cadaveric Study. *Am J Sports Med.* 2019;47:667-73.
135. Clanton TO, Campbell KJ, Wilson KJ, Michalski MP, Goldsmith MT, Wijdicks CA, et al. Qualitative and Quantitative Anatomic Investigation of the Lateral Ankle Ligaments for Surgical Reconstruction Procedures. *J Bone Joint Surg Am.* 2014;96:e98.

136. Liu SH, Baker CL. Comparison of lateral ankle ligamentous reconstruction procedures. *Am J Sports Med.* 1994;22:313-7.
137. Hollis JM, Blasier RD, Flahiff CM. Simulated lateral ankle ligamentous injury. Change in ankle stability. *Am J Sports Med.* 1995;23:672-7.
138. Bahr R, Pena F, Shine J, Lew WD, Tyrdal S, Engebretsen L. Biomechanics of ankle ligament reconstruction. An in vitro comparison of the Broström repair, Watson-Jones reconstruction, and a new anatomic reconstruction technique. *Am J Sports Med.* 1997;25:424-32.
139. Kjaersgaard-Andersen P, Madsen F, Frich LH, Wethelund JO, Søjbjerg JO. Lateral hindfoot instability treated with the Evans tenodesis: a biomechanical analysis. *J Foot Surg.* 1990;29:25-32.
140. Chen C-Y, Huang P-J, Kao K-F, Chen J-C, Cheng Y-M, Chiang H-C, et al. Surgical reconstruction for chronic lateral instability of the ankle. *Injury.* 2004;35:809-13.
141. Brodsky AR, O'Malley MJ, Bohne WH, Deland JA, Kennedy JG. An analysis of outcome measures following the Broström-Gould procedure for chronic lateral ankle instability. *Foot Ankle Int.* 2005;26:816-9.
142. Laucis NC, Hays RD, Bhattacharyya T. Scoring the SF-36 in Orthopaedics: A Brief Guide. *J Bone Joint Surg Am.* 2015;97:1628-34.
143. Li X, Killie H, Guerrero P, Busconi BD. Anatomical reconstruction for chronic lateral ankle instability in the high-demand athlete: functional outcomes after the modified Broström repair using suture anchors. *Am J Sports Med.* 2009;37:488-94.
144. Karlsson J, Peterson L. Evaluation of ankle joint function: the use of a scoring scale. *The Foot.* 1991;1:15-9.
145. Lee KT, Park YU, Kim JS, Kim JB, Kim KC, Kang SK. Long-term results after modified Brostrom procedure without calcaneofibular ligament reconstruction. *Foot Ankle Int.* 2011;32:153-7.
146. Maffulli N, Del Buono A, Maffulli GD, Oliva F, Testa V, Capasso G, et al. Isolated anterior talofibular ligament Broström repair for chronic lateral ankle instability: 9-year follow-up. *Am J Sports Med.* 2013;41:858-64.
147. Karlsson J, Eriksson BI, Bergsten T, Rudholm O, Swärd L. Comparison of two anatomic reconstructions for chronic lateral instability of the ankle joint. *Am J Sports Med.* 1997;25:48-53.
148. Cho B-K, Kim Y-M, Kim D-S, Choi E-S, Shon H-C, Park K-J. Comparison between suture anchor and transosseous suture for the modified-Broström procedure. *Foot Ankle Int.* 2012;33:462-8.
149. Brown CA, Hurwit D, Behn A, Hunt KJ. Biomechanical comparison of an all-soft suture anchor with a modified Broström-Gould suture repair for lateral ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 2014;42:417-22.
150. Aydogan U, Glisson RR, Nunley JA. Extensor retinaculum augmentation reinforces anterior talofibular ligament repair. *Clin Orthop.* 2006;442:210-5.
151. Acevedo JI, Mangone P. Arthroscopic brostrom technique. *Foot Ankle Int.* 2015;36:465-73.
152. Corte-Real NM, Moreira RM. Arthroscopic repair of chronic lateral ankle instability. *Foot Ankle Int.* 2009;30:213-7.
153. Nery C, Raduan F, Del Buono A, Asami ID, Cohen M, Maffulli N. Arthroscopic-assisted Broström-Gould for chronic ankle instability: a long-term follow-up. *Am J Sports Med.* 2011;39:2381-8.
154. Vega J, Golanó P, Pellegrino A, Rabat E, Peña F. All-inside arthroscopic lateral collateral ligament repair for ankle instability with a knotless suture anchor technique. *Foot Ankle Int.* 2013;34:1701-9.
155. Arroyo-Hernández M, Mellado-Romero M, Páramo-Díaz P, García-Lamas L, Vilà-

- Rico J. Chronic ankle instability: Arthroscopic anatomical repair. *Rev Espanola Cirugia Ortop Traumatol.* 2017;61:104-10.
156. Cottom JM, Baker J, Plemmons BS. Analysis of Two Different Arthroscopic Broström Repair Constructs for Treatment of Chronic Lateral Ankle Instability in 110 Patients: A Retrospective Cohort Study. *J Foot Ankle Surg Off Publ Am Coll Foot Ankle Surg.* 2018;57:31-7.
 157. Matsui K, Takao M, Miyamoto W, Matsushita T. Early recovery after arthroscopic repair compared to open repair of the anterior talofibular ligament for lateral instability of the ankle. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2016;136:93-100.
 158. Yeo ED, Lee K-T, Sung I-H, Lee SG, Lee YK. Comparison of All-Inside Arthroscopic and Open Techniques for the Modified Broström Procedure for Ankle Instability. *Foot Ankle Int.* 2016;37:1037-45.
 159. Li H, Hua Y, Li H, Ma K, Li S, Chen S. Activity Level and Function 2 Years After Anterior Talofibular Ligament Repair: A Comparison Between Arthroscopic Repair and Open Repair Procedures. *Am J Sports Med.* 2017;45:2044-51.
 160. Rigby RB, Cottom JM. A comparison of the «All-Inside» arthroscopic Broström procedure with the traditional open modified Broström-Gould technique: A review of 62 patients. *Foot Ankle Surg Off J Eur Soc Foot Ankle Surg.* 2019;25:31-6.
 161. Feng S-M, Wang A-G, Sun Q-Q, Zhang Z-Y. Functional Results of All-Inside Arthroscopic Broström-Gould Surgery With 2 Anchors Versus Single Anchor. *Foot Ankle Int.* 2020;41:721-7.
 162. Guelfi M, Zamperetti M, Pantalone A, Uselli FG, Salini V, Oliva XM. Open and arthroscopic lateral ligament repair for treatment of chronic ankle instability: A systematic review. *Foot Ankle Surg Off J Eur Soc Foot Ankle Surg.* 2018;24:11-8.
 163. Song Y-J, Hua Y-H. Similar Outcomes at Early Term After Arthroscopic or Open Repair of Chronic Ankle Instability: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Foot Ankle Surg Off Publ Am Coll Foot Ankle Surg.* 2019;58:312-9.
 164. Cottom JM, Rigby RB. The «all inside» arthroscopic Broström procedure: a prospective study of 40 consecutive patients. *J Foot Ankle Surg Off Publ Am Coll Foot Ankle Surg.* 2013;52:568-74.
 165. Kim ES, Lee KT, Park JS, Lee YK. Arthroscopic anterior talofibular ligament repair for chronic ankle instability with a suture anchor technique. *Orthopedics.* 2011;34.
 166. Brambilla L, Bianchi A, Malerba F, Loppini M, Martinelli N. Lateral ankle ligament anatomic reconstruction for chronic ankle instability: Allograft or autograft? A systematic review. *Foot Ankle Surg.* 2020;26:85-93.
 167. Jung H-G, Shin M-H, Park J-T, Eom J-S, Lee D-O, Lee S-H. Anatomical Reconstruction of Lateral Ankle Ligaments Using Free Tendon Allografts and Biotenodesis Screws. *Foot Ankle Int.* 2015;36:1064-71.
 168. Kim HN, Jeon JY, Dong Q, Noh KC, Chung KJ, Kim HK, et al. Lateral ankle ligament reconstruction using the anterior half of the peroneus longus tendon. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA.* 2015;23:1877-85.
 169. Dierckman BD, Ferkel RD. Anatomic Reconstruction With a Semitendinosus Allograft for Chronic Lateral Ankle Instability. *Am J Sports Med.* 2015;43:1941-50.
 170. Park CH, Lee W-C. Donor Site Morbidity After Lateral Ankle Ligament Reconstruction Using the Anterior Half of the Peroneus Longus Tendon Autograft. *Am J Sports Med.* 2017;45:922-8.
 171. Chen C, Lu H, Hu J, Qiu X, Li X, Sun D, et al. Anatomic reconstruction of anterior talofibular ligament with tibial tuberosity-patellar tendon autograft for chronic lateral ankle instability. *J Orthop Surg Hong Kong.* 2018;26:2309499018780874.
 172. Xu X, Hu M, Liu J, Zhu Y, Wang B. Minimally invasive reconstruction of the lateral ankle ligaments using semitendinosus autograft or tendon allograft. *Foot Ankle Int.*

- 2014;35:1015-21.
173. Liu J. [Effectiveness comparison between modified brostrom method repair and anatomical reconstruction with single fibular tunnel in treatment of chronic lateral ankle instability]. *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi Zhongguo Xiu fu Chongjian Waike Zazhi Chin J Reporative Reconstr Surg*. 2015;29:1214-20.
174. Choi HJ, Kim DW, Park JS. Modified Broström Procedure Using Distal Fibular Periosteal Flap Augmentation vs Anatomic Reconstruction Using a Free Tendon Allograft in Patients Who Are Not Candidates for Standard Repair. *Foot Ankle Int*. 2017;38:1207-14.
175. Li H, Song Y, Li H, Hua Y. Outcomes After Anatomic Lateral Ankle Ligament Reconstruction Using Allograft Tendon for Chronic Ankle Instability: A Systematic Review and Meta-analysis. *J Foot Ankle Surg Off Publ Am Coll Foot Ankle Surg*. 2020;59:117-24.
176. Ellis SJ, Williams BR, Pavlov H, Deland J. Results of anatomic lateral ankle ligament reconstruction with tendon allograft. *HSS J Musculoskelet J Hosp Spec Surg*. 2011;7:134-40.
177. Matheny LM, Johnson NS, Liechti DJ, Clanton TO. Activity Level and Function After Lateral Ankle Ligament Repair Versus Reconstruction. *Am J Sports Med*. 2016;44:1301-8.
178. Wang W, Xu GH. Allograft tendon reconstruction of the anterior talofibular ligament and calcaneofibular Ligament in the treatment of chronic ankle instability. *BMC Musculoskelet Disord* [Internet]. 2017 [citado 18 de mayo de 2020];18. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5385052/>
179. Youn H, Kim YS, Lee J, Choi WJ, Lee JW. Percutaneous lateral ligament reconstruction with allograft for chronic lateral ankle instability. *Foot Ankle Int*. 2012;33:99-104.
180. Diniz P, Pacheco J, Flora M, Quintero D, Stufkens S, Kerkhoffs G, et al. Clinical applications of allografts in foot and ankle surgery. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2019;27:1847-72.
181. Ahn JH, Choy W-S, Kim H-Y. Reconstruction of the lateral ankle ligament with a long extensor tendon graft of the fourth toe. *Am J Sports Med*. 2011;39:637-44.
182. Li Q, Ma K, Tao H, Hua Y, Chen S, Chen S, et al. Clinical and magnetic resonance imaging assessment of anatomical lateral ankle ligament reconstruction: comparison of tendon allograft and autograft. *Int Orthop*. 2018;42:551-7.
183. Clanton TO, Beteck AA, Bott AM, Matheny LM, Hartline B, Hanson TW, et al. Complications after tendon transfers in the foot and ankle using bioabsorbable screws. *Foot Ankle Int*. 2013;34:486-90.
184. de Vries JS, Krips R, Sierevelt IN, Blankevoort L, van Dijk CN. Interventions for treating chronic ankle instability. *Cochrane Database Syst Rev*. 2011;CD004124.
185. Cao Y, Hong Y, Xu Y, Zhu Y, Xu X. Surgical management of chronic lateral ankle instability: a meta-analysis. *J Orthop Surg*. 2018;13:159.
186. Song Y, Li H, Sun C, Zhang J, Gui J, Guo Q, et al. Clinical Guidelines for the Surgical Management of Chronic Lateral Ankle Instability: A Consensus Reached by Systematic Review of the Available Data. *Orthop J Sports Med*. 2019;7:2325967119873852.
187. Atkins D, Best D, Briss PA, Eccles M, Falck-Ytter Y, Flottorp S, et al. Grading quality of evidence and strength of recommendations. *BMJ*. 2004;328:1490.
188. Laurin CA, Ouellet R, St-Jacques R. Talar and subtalar tilt: an experimental investigation. *Can J Surg J Can Chir*. 1968;11:270-9.

ANEXOS



Original

Estudio biomecánico de la reparación ligamentosa anatómica en la inestabilidad lateral de tobillo

J. Vilá y Rico^{1,2,3}, M. A. Mellado Romero¹, F. Guerra-Pinto^{4,5}, E. Sánchez Morata¹,
E. Vacas Sánchez^{1,3}, M. Arroyo Hernández¹, A. Abarquero Diezhandino^{1,3},
J. R. Sañudo Tejero⁶, L. R. Ramos Pascua^{1,2}

¹Hospital Universitario 12 de Octubre. Madrid

²Departamento de Cirugía. Universidad Complutense de Madrid

³Complejo Hospitalario Quirónsalud Ruber Juan Bravo. Madrid

⁴Hospital Ortopédico de Sant'Ana. Parede; Hospital da Cruz Vermelha Portuguesa. Lisboa, Portugal

⁵NOVA Medical School. Universidad de Portugal. Lisboa, Portugal

⁶Departamento de Ciencias Morfológicas. Universidad Complutense de Madrid

Correspondencia:

Dr. Jesús Vilá y Rico

Correo electrónico: vilayrico@gmail.com

Recibido el 30 de abril de 2020

Aceptado el 3 de junio de 2020

Disponible en Internet: febrero de 2021

RESUMEN

Objetivo: realizar un estudio biomecánico en cadáver de la estabilidad del tobillo tras la sección del ligamento talofibular anterior (LTFA) respecto al tobillo sano y realizar una comparación tras la reparación anatómica directa del LTFA.

Métodos: estudio biomecánico en cadáver con un tamaño muestral de 18 tobillos de cadáver fresco congelado. Se realizan las mediciones de cajón anterior (CA) y estrés en varo (EV) en los 3 planos del espacio (axial, coronal y sagital) empleando un artrómetro construido específicamente para medir desplazamientos angulares.

Resultados: existen diferencias estadísticamente significativas en el plano axial entre el LTFA íntegro frente al LTFA seccionado para las maniobras de cajón anterior con $Z = -2,509$ y $p = 0,012$, y para varo forzado con $Z = -2,483$ y $p = 0,013$. Por lo que respecta al plano coronal, también objetivamos una diferencia estadísticamente significativa en la maniobra de varo forzado con $Z = -2,417$ y $p = 0,016$. En el plano sagital no existen diferencias estadísticamente significativas entre ambas maniobras.

ABSTRACT

Biomechanical study of the anatomical ligamentous repair in lateral ankle instability

Objective: to perform a cadaveric biomechanical study of the stability of the ankle after the anterior talofibular ligament (ATFL) section with respect to the healthy ankle and to make a comparison after direct anatomical repair of the ATFL.

Methods: biomechanical study in cadaver with a sample size of 18 fresh frozen ankles. The anterior drawer (AD) and varus tilt (VT) measurements are made in the 3 planes of space (axial, coronal and sagittal) using an arthrometer specifically built to measure angular displacements.

Results: there are statistically significant differences in the axial plane between the complete ATFL versus the sectioned ATFL for the anterior drawer maneuvers with $Z = -2,509$ and $p = 0,012$, and for forced varus with $Z = -2,483$ and $p = 0,013$. Regarding the coronal plane, we also observed a statistically significant difference in the forced varus maneuver with $Z = -2,417$ and $p = 0,016$. In the



<https://doi.org/10.24129/j.reaca.28170.fs2004028>

© 2021 Fundación Española de Artroscopia. Publicado por Imaidea Interactiva en FONDOSCIENCE® (www.fondoscience.com).

Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (www.creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

Estudio biomecánico de la reparación ligamentosa [...]

Por último, si comparamos el LTFA sano frente a la reparación anatómica directa, no encontramos diferencias estadísticamente significativas cuando realizamos las maniobras de exploración de estabilidad en los 3 planos del espacio.

Conclusiones: la reparación anatómica directa del LTFA obtiene una estabilidad angular similar a la del LTFA íntegro, en el momento cero en un modelo biomecánico cadavérico.

Nivel de evidencia: IV.

Palabras clave: Inestabilidad tobillo. LTFA. Reparación directa anatómica.

sagittal plane, there are no statistically significant differences in both maneuvers.

Finally, if we compare native ATFL versus direct anatomical repair, we did not find statistically significant differences when we performed stability maneuvers in the 3 planes of space.

Conclusions: direct anatomical repair of the ATFL achieves angular stability similar to that of the entire ATFL, at time zero in a frozen cadaveric biomechanical model.

Level of evidence: IV.

Key words: Chronic Ankle Instability. ATFL. Anatomical direct repair.

Introducción

La inestabilidad lateral crónica de tobillo (ILC) es secundaria a traumatismos en inversión forzada (esguinces de tobillo) o entorsis. Se trata de una lesión muy frecuente y motivo de atención en urgencias con una alta prevalencia⁽¹⁾.

El mecanismo lesional más frecuente es la combinación de inversión y flexión plantar. El ligamento talofibular anterior (LTFA) actúa como principal estabilizador del tobillo en esta posición. Además, este ligamento es el más débil del complejo ligamentoso lateral del tobillo y, por tanto, el que más frecuentemente se lesiona⁽²⁾. Entre el 10 y el 30% de los esguinces de tobillo pueden evolucionar a una ILC⁽³⁾.

El tratamiento quirúrgico sigue siendo controvertido; tradicionalmente se ha considerado el "patrón oro" la técnica de Broström⁽⁴⁾ descrita en 1966 y modificada por Gould con el objetivo de reforzar la reparación⁽⁵⁾. Posteriormente, Jeys⁽⁶⁾ y Coughlin⁽⁷⁾ describen técnicas anatómicas de reconstrucción con alo- o autoinjertos con excelentes resultados. Últimamente, se han desarrollado técnicas artroscópicas, que son actualmente las más recomendadas, ya que nos permiten evaluar y tratar al mismo tiempo las lesiones ligamentosas y las posibles lesiones asociadas. Probablemente una de las claves del éxito del tratamiento quirúrgico sea la adecuada indicación de cada una de ellas y el enfoque individualizado de cada paciente.

Existen pocos trabajos biomecánicos que testen la estabilidad de las diferentes técnicas em-

pleadas en el tratamiento quirúrgico de la ILC. El objetivo del trabajo es realizar un estudio biomecánico en cadáver de la estabilidad del tobillo tras la sección del LTFA respecto al tobillo sano y tras la reparación directa del LTFA. Nuestra hipótesis de trabajo es que la reparación anatómica directa del LTFA permite reproducir la estabilidad biomecánica del LTFA sano.

Material y métodos

Se realiza un estudio biomecánico en cadáver, con un tamaño muestral de 18 tobillos de cadáver fresco congelado, sin deformidades, alteraciones morfológicas o cicatrices quirúrgicas. Ninguno de los especímenes presentaba patología asociada. Estos fueron obtenidos de acuerdo al programa del Centro de Donación de Cuerpos de la Universidad Complutense de Madrid.

Todos los especímenes fueron congelados durante menos de 2 años y descongelados de acuerdo con las guías existentes. La tibia, junto con el peroné, estaba seccionada por debajo de la articulación de la rodilla, manteniendo al menos 20 cm de tibia distal. El estudio fue aprobado por el Comité de Bioética del Instituto de Investigación i+12.

Se realizó un colgajo de piel para permitir visualizar el complejo ligamentoso lateral y proceder a la disección y la identificación del complejo ligamentoso lateral del tobillo. Tanto el complejo ligamentoso medial como la sindesmosis se mantuvieron intactos.

Descripción del instrumento de medida

Hemos utilizado un novedoso artrómetro construido específicamente para medir desplazamientos angulares en los 3 planos anatómicos (coronal, axial y sagital). Este dispositivo está formado por un giroscopio y un acelerómetro triaxial, que registra a través de una computadora desarrollada para el uso de un microcontrolador Arduino Mega 2560®, con la ayuda del Mpu6050®, una unidad de medición inercial (IMU)⁽⁸⁾.

Un algoritmo de fusión hizo posible la adquisición y la interpretación de los datos recibidos por la IMU. El *software* permitió analizar el desplazamiento angular del astrágalo en 3 planos simultáneamente en tiempo real utilizando los ángulos de Tait-Bryan⁽⁹⁾.

Protocolo de trabajo

La tibia fue rígidamente fijada a un soporte de madera específicamente adaptado para el proyecto, mediante al menos 5 agujas de Kirschner en diferentes planos, asegurándonos de que no existía movilidad entre la tibia y el soporte. Este soporte mantiene la pierna a 45° con el plano horizontal.

Otras 2 agujas de Kirschner fueron insertadas en el cuello del astrágalo en dirección anteroposterior, siguiendo su eje longitudinal; posteriormente, la IMU se alineó y se fijó de manera colineal con el eje haciendo que tanto el astrágalo como la IMU estuvieran conectados rígidamente (Figura 1).

El sistema se calibró en los 3 planos del espacio. La primera medición se realizó en el tobillo intacto, después de dejar caer el pie a su posición de descanso natural, en una posición sin contacto, es decir, leve flexión plantar e inversión.

Definimos la movilidad en los 3 planos del espacio considerando:

- Plano axial (rotación externa: +; rotación interna: -).
- Plano coronal (varo: valores positivos +; valgo: valores negativos -).
- Plano sagital (flexión plantar: +; flexión dorsal: -).

Para valorar la estabilidad empleamos las maniobras de traslación talar anterior conocidas como cajón anterior (CA) y de estrés en varo forzado (EV), de manera análoga a la práctica clínica⁽⁹⁾. La fuerza es aplicada manualmente, siempre

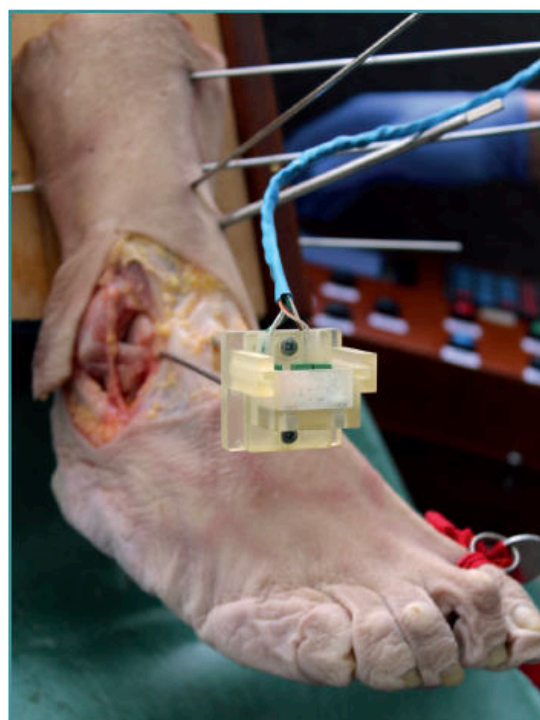


Figura 1. Imagen de la fijación de las piezas anatómicas y la colocación de los sensores del artrómetro en el cuello del astrágalo.

por el mismo investigador y realizando 3 mediciones de cada uno de los parámetros del estudio, utilizando la media de las 3 mediciones.

Valoramos la estabilidad de la articulación tibiotalar en 3 situaciones: complejo lateral íntegro (1), sección del LTFA (2) y tras la reparación anatómica directa del LTFA (3).

1. Inicialmente, con los ligamentos íntegros (Figura 2), realizamos las maniobras anteriormente mencionadas (CA, EV) y registramos la movilidad angular detectada por el sensor en los 3 planos espaciales.

2. A continuación, seccionamos el LTFA (Figura 3) con el objeto de reproducir la lesión más frecuente del complejo lateral del tobillo y repetimos la misma secuencia registrando los movimientos angulares detectados en el artrómetro.

3. Finalmente, realizamos la reparación anatómica directa del LTFA.

Esta técnica consiste en la reinserción del resto ligamentoso con 2 anclajes. Tras la identificación

Estudio biomecánico de la reparación ligamentosa [...]



Figura 2. Anatomía del complejo lateral del tobillo. A: fascículo superior del ligamento talofibular anterior (LTFA); B: fascículo inferior del LTFA; C: ligamento calcaneofibular (LCF); D: tendones peroneos.

de la huella ósea en el peroné, pasamos 2 puntos de una sutura reabsorbible de alta resistencia FiberWire® de #2/0 (Arthrex Inc., Naples, FL) ayudándonos de un Micro SutureLasso® de 70° (Arthrex, Naples, FL) a través de los restos del LTFA (Figura 4). La guía de broca se sitúa en la huella ósea del LTFA, justo distal a la inserción del ligamento



Figura 3. Sección de la inserción fibular del ligamento talofibular anterior (reproducimos la lesión más frecuente en la inestabilidad lateral crónica de tobillo).

tibiofibular anteroinferior distal (porción más anterior de la sindesmosis tibio-peronea) (Figura 5). Posteriormente, se pasa cada sutura a través de un anclaje sin nudo Bio-PushLock® de 2,5 mm (Arthrex, Naples, FL) y se introduce la sutura más distal en el orificio más distal (Figura 6). Durante la implantación de los anclajes se debe mantener una posición fija del pie en flexión neutra y eversion de 5-10°. Se repite la misma operación con el segundo punto de sutura, el más proximal en el orificio más proximal. El empleo de 2 anclajes permite una mayor superficie de contacto del LTFA con el hueso, así como una mejor

distribución de las tensiones, desde un punto de vista biomecánico. Esta técnica artroscópica ya ha sido descrita por Arroyo en el año 2017⁽¹⁰⁾.



Figura 4. Sutura del remanente tisular del ligamento talofibular anterior con suturas de alta resistencia de tipo FiberWire® #2/0 (Arthrex Inc., Naples, FL).



Figura 5. Identificación de la huella de inserción fibular del ligamento talofibular anterior y realización de 2 agujeros con broca de 1,8 mm.



Figura 6. Reparación directa del ligamento talofibular anterior con 2 implantes biodegradables Bio-Push-Lock® de 2,5 mm (Arthrex, Naples, FL). Aspecto final de la reparación.

Análisis estadístico

Todos los análisis estadísticos se realizaron con IBM SPSS versión 24.0 (SPSS Inc., Chicago, Illinois). Para evaluar nuestra hipótesis, empleamos el test no paramétrico de Wilcoxon para comparar la respuesta del LTFA sano frente al lesionado y tras la técnica de reconstrucción frente a las maniobras de CA y EV en los 3 planos anatómicos.

Resultados

La primera comparación es el comportamiento biomecánico del LTFA sano frente al del LTFA seccionado tras la aplicación de las maniobras de CA y EV, obteniendo los resultados mostrados en la **Tabla 1**.

Existen diferencias estadísticamente significativas en el plano axial entre el LTFA íntegro frente al LTFA

Tabla 1. Comparación del tobillo sano y la sección del ligamento talofibular anterior (LTFA)

Plano axial ¹						
	LTFA íntegro		LTFA seccionado		Z	p
	M	SD	M	SD		
CA	2,13	3,94	0,19	2,32	-2,509	0,012
EV	-0,12	1,90	-1,90	2,19	-2,483	0,013
Plano coronal ²						
	LTFA íntegro		LTFA seccionado		Z	p
	M	SD	M	SD		
CA	-0,92	2,74	-1,12	3,16	-0,567	0,571
EV	2,09	2,12	4,06	4,31	-2,417	0,016
Plano sagital ³						
	LTFA íntegro		LTFA seccionado		Z	p
	M	SD	M	SD		
CA	-7,47	5,58	-5,84	7,34	-0,047	0,962
EV	-0,62	2,00	-0,44	1,34	-0,218	0,827

¹ Existen diferencias estadísticamente significativas en el plano transversal entre el LTFA íntegro frente al LTFA seccionado para las maniobras de CA (cajón anterior), con $Z = -2,509$ y $p = 0,012$, y para estrés en varo (EV) con $Z = -2,483$ y $p = 0,013$;

² existen diferencias estadísticamente significativas en el plano coronal, entre el LTFA íntegro frente al LTFA seccionado para la maniobra de EV, con $Z = -2,417$ y $p = 0,016$;

³ no encontramos diferencias estadísticamente significativas en el plano sagital, entre el LTFA íntegro y seccionado con las maniobras de CA y EV

M: media; SD: desviación estándar

Estudio biomecánico de la reparación ligamentosa [...]

Tabla 2. Comparación del tobillo sano y la reparación anatómica directa del ligamento talofibular anterior (LTFA)

Plano axial						
	LTFA íntegro		LTFA seccionado		Z	p
	M	SD	M	SD		
CA	2,13	3,94	1,63	2,56	-0,174	0,862
EV	-0,12	1,90	-0,79	1,94	-1,417	0,156
Plano coronal						
	LTFA íntegro		LTFA seccionado		Z	p
	M	SD	M	SD		
CA	-0,92	2,74	-0,79	2,69	-0,129	0,897
EV	2,09	2,12	2,80	3,26	-1,658	0,097
Plano sagital						
	LTFA íntegro		LTFA seccionado		Z	p
	M	SD	M	SD		
CA	-7,47	5,58	-7,79	6,29	-0,853	0,394
EV	-0,62	2,00	-0,53	1,56	-0,240	0,810

No encontramos diferencias estadísticamente significativas en el plano sagital entre el LTFA íntegro y la técnica de reparación con anclajes del LTFA

CA: cajón anterior; EV: estrés en varo; M: media; SD: desviación estándar

seccionado para las maniobras de CA ($Z = -2,509$; $p = 0,012$) y para varo forzado ($Z = -2,483$; $p = 0,013$). Por lo que respecta al plano coronal, también objetivamos una diferencia estadísticamente significativa en la maniobra de varo forzado ($Z = -2,417$; $p = 0,016$). En el plano sagital no existen diferencias estadísticamente significativas en ambas maniobras.

Por último, si comparamos el LTFA sano frente a la reparación anatómica directa, no encontramos diferencias estadísticamente significativas cuando realizamos las maniobras de estabilidad en los 3 planos del espacio (Tabla 2).

De esta manera, confirmamos nuestra hipótesis inicial: la reparación anatómica directa del LTFA permite reproducir la estabilidad biomecánica del LTFA sano.

Discusión

De todos los ligamentos del tobillo, el LTFA es el más comúnmente lesionado. Es un ligamen-

to plano, cuadrilátero, relativamente fuerte y en íntimo contacto con la cápsula. Está formado, habitualmente, por 2 bandas distintas separadas por un intervalo que permite el paso de ramas vasculares procedentes de la arteria peronea perforante y de su anastomosis con la arteria maleolar lateral, siendo la banda superior mayor que la inferior⁽¹¹⁾. De estas bandas, la superior se relaciona con el origen del ligamento tibiofibular anteroinferior (LTFAI), siendo intraarticular, y la inferior con la del ligamento calcaneofibular (LCF); incluso, en muchos especímenes estos últimos ligamentos están unidos por fibras arciformes en su origen maleolar^(12,13).

El tratamiento quirúrgico de la ILC es un tema de actualidad que despierta

una gran controversia. Existe amplio consenso en el papel de la cirugía artroscópica, pero es de vital importancia individualizar la técnica quirúrgica.

La técnica de reparación directa del LTFA inicialmente descrita por Bröström⁽⁴⁾ y posteriormente modificada por Gould⁽⁵⁾ empleando la aumentación del retináculo de los extensores ha sido considerada el patrón oro en el tratamiento de la ILC. Corte-Real en el año 2009 desarrolla la técnica artroscópica denominada *arthro-Broström*⁽¹⁴⁾, en la que se procede a la reparación directa del remanente tisular del LTFA con un tiempo percutáneo que permite la aumentación con el retináculo de los extensores. A partir de ese momento, se han desarrollado distintas técnicas artroscópicas⁽¹⁴⁻¹⁷⁾, si bien la tendencia actual es el empleo de técnicas artroscópicas *all-inside* o puramente artroscópicas, dichas técnicas ofrecen excelentes resultados en aquellos casos en los que exista un buen remanente tisular^(14,17) –aproximadamente el 75% de todas las roturas del LTFA– y en los que exista una rotura aislada del LTFA. Estas técnicas

son de primera elección y minimizan el riesgo de lesionar estructuras nerviosas como es la rama intermedia dorsal del nervio peroneo superficial.

A pesar de la amplia difusión de las técnicas de reparación artroscópicas en el tratamiento de la ILC, existen pocos estudios biomecánicos que las avalen. La mayor parte de los trabajos publicados en la bibliografía son series de casos sin grupos control, opiniones de expertos o descripciones de técnicas quirúrgicas.

Existen ciertas situaciones, empezando por aquellas en las que la calidad tisular no sea adecuada, en aquellos casos de inestabilidad crónica severa, cuando existan múltiples episodios de traumatismos en inversión, pacientes de alta demanda funcional, hiperlaxitud..., en las que tendremos que recurrir a otros procedimientos quirúrgicos y, en estos casos, las técnicas de reconstrucción anatómica constituyen una excelente opción⁽¹⁸⁻²¹⁾.

En nuestro trabajo se demuestra que la reparación anatómica directa del LTFA reproduce la estabilidad talocrural respecto al tobillo sano, lo que avala el empleo de dichas técnicas. Lo novedoso de nuestro estudio es la posibilidad de medir desplazamientos angulares en los 3 planos espaciales.

Nuestro estudio también tiene debilidades. En primer lugar, las limitaciones propias de un estudio en cadáver. Evaluamos la técnica de reparación anatómica a tiempo cero, sin tener en cuenta el efecto biológico de los procesos de cicatrización y fibrosis que se producen con el tiempo en el paciente y que contribuyen a la estabilización de la articulación del tobillo. Por otro lado, no se puede evaluar el efecto dinámico de la estabilización muscular. Solo podemos evaluar la estabilidad intrínseca que aportan las estructuras óseas y ligamentosas. Este aspecto no constituye una debilidad en sí, ya que el objetivo principal es evaluar si la estabilización producida por la reparación es similar a la del ligamento sano, independientemente de los estabilizadores activos.

En segundo lugar, debemos mencionar las limitaciones debidas al instrumento de medida. El artómetro registra los movimientos angulares de un sensor localizado en el astrágalo tras la aplicación de las maniobras de CA y EV. La fuerza obtenida con la realización manual de las citadas maniobras no pudo ser medida de manera objetiva. Este error se ha minimizado siendo realizadas siempre por

el mismo investigador, en 3 ocasiones cada maniobra, de manera análoga a la exploración física que se realiza en el diagnóstico de los pacientes con ILC. Laurin afirmó que una inclinación fisiológica del varo talar resulta fácil de demostrar y no requiere un exceso de fuerza, similar a las pruebas de esfuerzo instrumentadas y manuales⁽²²⁾.

Como fortalezas del trabajo, conviene destacar que hasta la fecha no existe ningún otro publicado que valore la estabilidad angular que produce la reparación anatómica directa. La medida de la estabilidad mediante el desplazamiento angular en lugar de lineal es un concepto novedoso introducido por Guerra-Pinto, publicado recientemente^(8,23), que no había sido empleado hasta ahora en otras publicaciones que estudian la técnica de reparación en inestabilidad de tobillo. Además, se trata de un estudio experimental en cadáver con un amplio tamaño muestral de 18 especímenes, con un diseño adecuadamente estructurado para minimizar errores.

Conclusiones

La reparación anatómica directa del LTFA obtiene una estabilidad angular similar a la del LTFA íntegro, en el momento cero en un modelo biomecánico cadavérico.

Responsabilidades éticas

Conflicto de interés. El autor principal, Jesús Vilá y Rico, es consultor internacional de Arthrex.

Financiación. Este trabajo ha sido financiado mediante una Ayuda de la Fundación Española de Artroscopia de 2017.

Protección de personas y animales. Los autores declaran que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales.

Confidencialidad de los datos. Los autores declaran que han seguido los protocolos de su centro de trabajo sobre la publicación de datos de pacientes.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado. Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

Otras declaraciones que quiera el autor mencionar. Estudio aprobado en el Comité de Ética

Estudio biomecánico de la reparación ligamentosa [...]

del i+12 del Hospital Universitario 12 de Octubre de Madrid.

Bibliografía

1. Hølmer P, Søndergaard L, Konradsen L, Nielsen PT, Jørgensen LN. Epidemiology of sprains in the lateral ankle and foot. *Foot Ankle Int.* 1994;15:72-4.
2. Woods C, Hawkins R, Hulse M, Hodson A. The Football Association Medical Research Programme: an audit of injuries in professional football-analysis of preseason injuries. *Br J Sports Med.* 2002;36:436-41; discussion 441.
3. Neuschwander TB, Indresano AA, Hughes TH, Smith BW. Footprint of the lateral ligament complex of the ankle. *Foot Ankle Int.* 2013;34:582-6.
4. Broström L. Sprained ankles. VI. Surgical treatment of "chronic" ligament ruptures. *Acta Chir Scand.* 1966;132:551-65.
5. Gould N, Seligson D, Gassman J. Early and late repair of lateral ligament of the ankle. *Foot Ankle.* 1980;1:84-9.
6. Jeys LM, Harris NJ. Ankle stabilization with hamstring autograft: a new technique using interference screws. *Foot Ankle Int.* 2003;24:677-9.
7. Coughlin MJ, Schenck RC, Grebing BR, Treme G. Comprehensive reconstruction of the lateral ankle for chronic instability using a free gracilis graft. *Foot Ankle Int.* 2004;25:231-41.
8. Guerra-Pinto F, Côté-Real N, Gomes TM, Consciência JG, Glazebrook M, Oliva XM. Varus talar tilt combined with an internal rotation pivot stress assesses the supination instability vector in lateral ankle ligaments' injury - cadaver study. *Foot Ankle Surg.* 2020;26(3):258-64.
9. Tourné Y, Besse JL, Mabit C, Sofcot. Chronic ankle instability. Which tests to assess the lesions? Which therapeutic options? *Orthop Traumatol Surg Res.* 2010;96:433-46.
10. Arroyo-Hernández M, Mellado-Romero M, Páramo-Díaz P, García-Lamas L, Vilà-Rico J. Chronic ankle instability: arthroscopic anatomical repair. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol.* 2017;61:104-10.
11. Kelikian A, Sarrafian S. Sarrafian's anatomy of the foot and ankle: descriptive, topographic, functional. Philadelphia: Lippincott, Williams & Wilkins, Wolters Kluwer; 2011. pp. 40-119, 163-222.
12. Golanó P, Pérez-Carro L, Saenz I, Vega J. Anatomía de los ligamentos del tobillo. *Rev Ortop Traumatol.* 2004;48(Supl. 3):35-44.
13. Vega J, Malagelada F, Manzanares Céspedes MC, Dalmau-Pastor M. The lateral fibulotalocalcaneal ligament complex: an ankle stabilizing isometric structure. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2020 Jan;28(1):8-17.
14. Corte-Real NM, Moreira RM. Arthroscopic repair of chronic lateral ankle instability. *Foot Ankle Int.* 2009;30:213-7.
15. Vega J, Golanó P, Pellegrino A, Rabat E, Peña F. All-inside arthroscopic lateral collateral ligament repair for ankle instability with a knotless suture anchor technique. *Foot Ankle Int.* 2013;34:1701-9.
16. Catalán Amigo S, Orduña Moncusí M, García Medina JR. Reanclaje artroscópico del ligamento talo bular anterior, técnica all-inside. Nuestra experiencia. *Rev Esp Artrosc Cir Artic.* 2018;25(3):219-26.
17. Acevedo JL, Mangone P. Arthroscopic Brostrom technique. *Foot Ankle Int.* 2015;36:465-73.
18. Núñez-Samper M, Méndez O, Viladot R, Parra G, Lao Durán E. Inestabilidad crónica del tobillo. Plastia no anatómica de aloinjerto tendinoso criopreservado versus plastias anatómicas. *Tobillo y Pie.* 2017;9(1):1-9.
19. Orduña M, Catalán S. Plastia del ligamento peroneo astragalino anterior con extensor del quinto dedo del pie por vía artroscópica con anclajes biodegradables. *Rev Pie Tobillo.* 2017;31(2):89-94.
20. Guillo S, Takao M, Calder J, Karlson J, Michels F, Bauer T. Arthroscopic anatomical reconstruction of the lateral ankle ligaments. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2016;24:998-1002.
21. Vilà-Rico J, Cabestany-Castellà JM, Cabestany-Perich B, Núñez-Samper C, Ojeda-Thies C. All-Inside Arthroscopic Allograft Reconstruction of the Anterior Talo-Fibular Ligament using an Accessory Transbular Portal. *Foot Ankle Surg.* 2019 Feb;25(1):24-30.
22. Laurin CA, Ouellet R, St-Jacques R. Talar and subtalar tilt: an experimental investigation. *Can J Surg.* 1968;11:270-9.
23. Guerra-Pinto F, Côté-Real N, Mota Gomes T, Silva MD, Consciência JG, Monzo M, et al. Rotational Instability after Anterior Talo-fibular and Calcaneofibular Ligament Section: The Experimental Basis for the Ankle Pivot Test. *J Foot Ankle Surg.* 2018;57:1087-91.